Arborikulturna i dendroekološka analiza urbanih stabala hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba

Suša, Irina

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:993752

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

DIPLOMSKI STUDIJ

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

IRINA SUŠA

ARBORIKULTURNA I DENDROEKOLOŠKA ANALIZA URBANIH STABALA HRASTA KITNJAKA U PARK-ŠUMAMA GRADA ZAGREBA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, RUJAN, 2018.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

ARBORIKULTURNA I DENDROEKOLOŠKA ANALIZA URBANIH STABALA HRASTA KITNJAKA U PARK-ŠUMAMA GRADA ZAGREBA

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Rasadnička proizvodnja ukrasnog bilja

Ispitno povjerenstvo:
1. Doc. dr. sc. Vinko Paulić
2. Doc. dr. sc. Stjepan Mikac
3. Izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković

Student: Irina Suša

JMBAG: 0068214606

Broj indeksa: 707/2016

Datum odobrenja teme: 20.04.2018

Datum predaje rada: 21.09.2018

Datum obrane rada: 28.09.2018

Zagreb, rujan 2018.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Arborikulturna i dendroekološka analiza urbanih stabala hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba
Title	Arboricultural and dendroecological analysis of sessile oak urban trees in the City of Zagreb park-forests
Autor	Irina Suša
Adresa autora	Nehruov trg 34, 10020 Zagreb
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Doc. dr. sc. Vinko Paulić
Izradu rada pomogao	Domagoj Trlin mag. ing. silv., Luka Prša mag. ing. silv., Darijan Prugovečki mag. ing. silv.
Godina objave	2018.
Obujam	Broj stranica: 48 tablica: 18 slika: 18 navoda literature: 49
Ključne riječi	Hrast kitnjak, urbane šume, ocjena opasnosti stabla, dendroekologija
Key words	Sessile oak, Urban forest, Tree hazard rating, Dendroecology
Sažetak	Arborikulturna analiza predstavlja osnovu dugoročnog praćenja vitalnosti i statike urbanih stabala te služi za predviđanje njihove prilagodbe na uvjete urbanog staništa. U radu su se analizirale arborikulturne promjene kod urbanih stabla hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba za koje je prije pet godina napravljena prosudba vizualnom metodom. Dendroekološkim istraživanjima utrdio se se utjecaj temperature i oborina na rast i razvoj stabala tijekom povijesti s ciljem prognoze njihovog budućeg razvoja. Vizualnom prosudbom stabala,upotrebom EHT metode, vezano za vitalnost stabala, utvrđeno je da na svim lokacijama istraživanja postoji mala promjena u odnosu na prethodno zabilježeno stanje. Simptomi koji se odnose na greške korijena su u odnosu na ranije stanje izraženiji na lokaciji Granešina, dok su na ostalim lokacijama

zabilježene manje promjene. Od promjena u greškama krošnje najznačajnije se pokazao porast broja stabala s mrtvim drvom u krošnji (u Granešini i Tuškancu). Prosječna ocjena opasnosti stabala, dobivena nakon prosudbe EHT metodom, je u svim istraživanim park-šumama niža u odnosu na prethodnu prosudbu od prije pet godina. Na lokacijama Tuškanac i Zelengaj razlika je statistički značajna, dok na lokaciji Granešina nisu utvrđene razlike nisu statsistički značajne. Broj stabala koja su prosuđena kao opasna se nije smanjio u odnosu na prethodnu prosudbu osim u park-šumi Tuškanac gdje je manji za 9,7%. Urbana stabla hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba vrlo stara: u Tuškanacu najstarije izmjereno stablo je imalo 195 godina, u Granešini 197 godina dok je u Zelengaju utvrđeno da najstarije stablo ima 156 godina. Analizom rasta urbanih stabala hrasta kitnjaka utvrđeno je da njihov rast negativno utjecan s temperaturom zraka i pozitivno utjecan sa količinom oborina: u park-šumi Granešina stabla pokazuju najviše značajno pozitivnu korelaciju s količinom oborina u lipnju (r=0,335) te najviše značajno negativnu korelaciju s temperaturom zraka također u lipnju (r=-0,338). U park-šumama Tuškanac i Zelengaj najviši značajno pozitivan utjecaj su imale oborine u lipnju (r=0,373), dok su temperure zraka pokazale najvišu značajno negativnu korelaciju u svibnju (r=-0,246).

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	**OB ŠF 05 07**
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *diplomski rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristila* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

_____

vlastoručni potpis

Irina Suša

U Zagrebu, *10.09.2018*

SADRŽAJ

str.

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA III
POPIS TABLICA IV
PREDGOVOR V
1. UVOD 1
1.1. Urbano šumarstvo i arborikultura 1
1.1.1 Arborikulturna analiza 2
1.1.2. Vizualna metoda prosudbe urbanih stabala 3
1.2. Rast urbanih stabala 4
1.2.1. Negativan utjecaj urbanog staništa 4
1.2.2. Zrelost stabala u urbanim sredinama 5
1.3. Dendrokronologija 5
1.3.1. Rast godova 6
1.3.2. Dendroklimatologija 7
1.3.3. Dendroekologija 7
1.3.4. Dendrokronologija i urbana stabla 8
1.4. Hrast kitnjak 8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA 10
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA 11
3.1. Područje istraživanja 11
3.1.2. Stanišna obilježja park-šuma grada Zagreba 11
3.1.2.1 Klimatski uvjeti 12
3.1.2.2 Obilježja tla 13
3.2. Odabir lokacije istraživanja 13
3.2.1. Park-šuma Granešina 14
3.2.2. Park-šuma Tuškanac 14
3.2.3. Park-šuma Zelengaj 14
3.3. Vizualna prosudba stabala 15
3.3.1. EHT metoda 15

3.3.1. Terenski rad na prosudbi stabala EHT metodom 18
3.4. Dendroekološke metode 18
3.4.1. Terensko uzorkovanje drvnih izvrtaka 19
3.4.2. Priprema drvnih izvrtaka 19
3.4.3. Analiza i obrada drvnih izvrtaka 19
3.4.4 Prikupljanje podataka o klimi 20
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA 21
4.1. Vizualna prosudba stabla 21
4.1.1. Istraživana stabla hrasta kitnjaka 21
4.1.2. Vitalnost stabala 22
4.1.2. Greške korijena 24
4.1.2. Greške krošnje 27
4.1.2. Ocjena opasnosti 30
4.1.2.1. Usporedba ocjena opasnosti u odnosu na prethodnu prosudbu 31
4.2. Dendroekološko istraživanje rasta urbanih stabala hrasta kitnjaka 35
4.2.1. Osnovni podaci o izvrtcima i kronologiji 35
4.2.2 Utjecaj klime na rast urbanih stabala hrasta kitnjaka 36
4.2.2.1. Utjecaj mjesečnih temperatura zraka i oborina na rast stabala 36
4.2.2.2. Sezonske korelacije temperature zraka i oborina na rast stabala 38
5. RASPRAVA 42
6. ZAKLJUČAK 44

POPIS SLIKA

str.

Slika 1. Areal hrasta kitnjaka: (prilagođeno prema EUFORGEN 2009) 9
Slika 3. Klima dijagrami prema Walteru za meteorološke postaje Zagreb – Maksimir i Zagreb – Grič za razdoblje 1960. – 2004. (Seletković i sur., 2010) 12
Slika 5. Uzimanje izvrtaka Presslerovim svrdlom i izgled pripremljenih uzoraka 19
Slika 7. Greške krošnje kod stabala hrasta kitnjaka u Granešini 27
Usporedbom rezultata dvije prosudbe uvidjeli smo promjene u povećanom postotku odumrlih grana u krošnji. U rezultatima prosudbe 2013. godine nije bilo stabala s najvećom ocjenom izraženosti prisutnosti mrtvog drva u krošnji, koja je označena ocjenom 3, dok je u 2018. bilo procjenjeno da se 19% stabala nalazi u toj kategoriji. 27
Slika 8. Greške krošnje kod stabala hrasta kitnjaka u Tuškancu 28
Slika 9. Greške krošnje kod stabala hrasta kitnjaka u Zelengaju 29
Slika 10. 95 % interval pouzdanosti za usporedbu ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Granešina 32
Na lokaciji park-šume Tuškanac, pad klasi HR ocjena opasnosti je izraženiji i pokazuje statistički značajnu razliku ($p \leq 0,05$) u odnosu rezultata iz 2013. godine i sadašnjeg stanja. Od ukupno 40 stabala, 25 je pokazalo promjene u ocjenama kategorijama opasnosti. 33
Slika 11. 95 % interval pouzdanosti za usporedbu ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Tuškanac 33
Slika 12. 95 % interval pouzdanosti za usporedbu ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Zelengaj 34
Slika 13. Standardna i rezidualna indeksna kronologija za park-šumu Granešina 35
Slika 14. Standardna i rezidualna indeksna kronologija za park-šum Tuškanac i Zelengaj 36
Slika 15. Utjecaj mjesečnih temperatura i oborina na rast stabala u park-šumi Granešina 37
Slika 16. Utjecaj mjesečnih temperatura i oborina na rast stabala u park-šumama Tuškanac i Zelengaj 38
Slika 17. Sezonske (parcijalne) korelacije temperature zraka i oborina na rast stabala u park-šumi Granešina. 39
Slika 18. Sezonske (parcijalne) korelacije temperature zraka i oborina u park-šumama Tuškanac i Zelengaj 40

POPIS TABLICA

str.

Tablica 1. Nazivi i ukupne površine istraživanih sastojina unutar GJ 'Park-šume grada Zagreba' 14
Tablica 2. Tablica za prosudbu stabla EHT metodom (Paulić, 2015)..... 16
Tablica 3. Klasifikacija stabala u klase ocjena opasnosti HR (eng. *Hazard rating*) nakon provedene prosudbe EHT metodom (Paulić, 2015) 17
Tablica 4. Nazivi i površine istraživanih sastojina unutar GJ 'Park-šume grada Zagreba' 21
Tablica 5. Vitalnost stabla hrasta kitnjaka u park-šumi Granešina 22
Tablica 6. Vitalnost stabla hrasta kitnjaka u park-šumi Tuškanac 23
Tablica 7. Vitalnost stabla hrasta kitnjaka u park-šumi Zelengaj 23
Tablica 8. Greške korijena kod stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Granešina..... 24
Tablica 9. Greške korijena kod stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Tuškanac 25
Tablica 10. Greške korijena kod stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Zelengaj..... 26
Tablica 11. Ocjena opasnosti stabala hrasta kitnjaka u park šumi Granešina..... 30
Tablica 12. Ocjena opasnosti stabala hrasta kitnjaka u park šumi Tuškanac..... 30
Tablica 13. Ocjena opasnosti stabala hrasta kitnjaka u park šumi Zelengaj 31
Tablica 14. Smanjenje broja stabla hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba uslijed sječe i vjetroizvala..... 31
Tablica 15. Wilcoxon test usporedbe parova ocjene opasnosti HR za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Granešina..... 32
Tablica 16. Wilcoxon test usporedbe parova ocjene opasnosti HR za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Tuškanac..... 33
Tablica 17. Wilcoxon test usporedbe parova ocjene opasnosti HR za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Zelengaj..... 34

PREDGOVOR

Zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc. Vinku Pauliću koji je velikodušno prenio svoja znanja i sa strpljenjem i predanošću pomogao mi da napišem ovaj rad.

Također se zahvaljujem i kolegama mag.ing.silv. Domagoju Trlinu, mag.ing.silv. Luki Prši i mag.ing.silv. Darijanu Prugovečkom koji su mi pomogli u prikupljanju materijala i obradi rezultata.

Veliko hvala i prijateljima koji su vjerovali u mene i bili mi podrška u dobrim i lošim trenutcima tijekom mog studija. Posebno hvala ide Lovri koji se svakom mom uspjehu veselio kao da je njegov.

Na kraju, najveću zahvalu dugujem svojoj obitelji, hvala vam na razumijevanju i povjerenju koje ste imali u mene.

Ovaj rad posvećujem svojoj baki Antoniji, koja mi je bila uzor i inspiracija, bez nje ne bih bila ovdje gdje danas jesam. Hvala ti.

1. UVOD

Urbane šume i stabla integralan su dio urbanog okoliša te znatno doprinose povećanju kvalitete života u gradu. One su mjesto okupljanja, opuštanja i rekreacije te ispunavaju brojne socijalne i ekološke funkcije. Stabla, koja predstavljaju glavnu strukturu šuma, u urbanim sredinama nalaze se u znatno promjenjenim uvjetima od optimuma u području prirodnog rasprostranjenja. Radi tih razloga potrebno je razumijevanje odnosa između stabla i njegove okoline kako bi pravilnim radovima njege i održavanja podržali njihov optimalni razvoj i dugovječnost.

1.1. Urbano šumarstvo i arborikultura

Iz potrebe za specijalnom njegom i upravljanjem urbanim šumama i stablima razvila se posebna grana šumarstva koja objedinjuje znanja iz općeg šumarstva i hortikulture u jednu specijaliziranu znanost - urbano šumarstvo.

Urbano šumarstvo uključuje planiranje, oblikovanje, osnivanje i upravljanje stablima i šumskim sastojinama u gradu i gradskom okruženju (Elmendorf i sur. 2005: po Nilsson-u i Randrup-u 1997). Primarno je definirano lokacijom šuma i stabala tako da se podjednako bavi urbanim staništem i funkcijom koju stabla imaju u gradu. Stabla i urbane šume izvor su brojnih koristi za pojedinca kao i za društvo u cjelini, uključujući smanjivanje teperaturnih ekstrema (Onishi i sur., 2010) te povećavanje kvalitete zraka (Nowak i sur., 2013). Iz tog razloga, urbano šumarstvo gleda šumu kao socijalno-ekološki sustav te se koristi interdisciplinarnim metodama pri upravljanju njome (Vogt i sur., 2015)

Arborikultura se razvila kao grana urbanog šumarstva koja u središtu svog istraživanja ima stablo kao samostalnu cjelinu, za razliku od urbanog šumarstva koje na stablo gleda kao dio cjeline šumskog ekosustava (Vogt i sur., 2015). Primarno se bavi sadnjom i njegom stabala, grmlja i prizemnog rašća u gradskim sredinama te njegom i održavanjem vitalnosti već postojećih stabala (Harris i sur., 1999). U urbanom okruženju, ariborikultura znatno doprinosi zdravstvenom stanju biološkog sustava, ali i socijalnom aspektu urbanog prostora (Kuo i sur. 2003). Kako se stabla u urbanom okruženju nalaze u sredini koja nije optimalna za njihov razvoj, potrebno je više pažnje posvetiti njezi takvih stabala. Isto tako, urbano okruženje, zahtjeva sigurnost za stanovnike grada koji prostor urbane šume ili bilo koje zelene površine u gradu koriste. Arboristi nose odgovornost za donešene odluke, što ima osobitu važnost u procjeni opasnih stabala (eng. *hazard trees*), čime se stvara podloga za donošenje kvalitetnih odluka pri njezi urbanih stabla. Primaran cilj arborikulturnih zahvata je reduciranje opasnosti i

nesreća koju stabla mogu prouzročiti. Time se stvara siguran prostor za korištenje i rekreaciju, dok se identifikacijom i korekcijom određenih strukturnih grešaka poduljuje životni vijek stabala (Matheny i Clark, 1994).

Arborikulturni zahvati uključuju korekciju strukurnih grešaka stabala i eliminaciju odumrlih dijelova krošnje, ali i radove koji će naglasiti estetski izgled stabala ili ukrasnog grmlja (Matić, 2010).

1.1.1 Arborikulturna analiza

Za donošenje ispravnih odluka i određivanje arborikulturnih zahvata njege potrebno je provesti arborikulturnu analizu.

Metode za prosudbu opasnih stabala prilagođene su uvjetima urbanih sredina. Prosudba stabala uključuje pregled i identifikaciju strukturnih grešaka stabla te određivanje opasnosti koju stablo predstavlja za svoju okolinu (Matheny i Clark 1994). Prosudba uključuje tri komponente koje su potrebne kako bi ocjenili opasnost stabla:

- ✓ Stablo s potencijalom za izvalu ili lom
- ✓ Okruženje koje pridonosi opasnosti
- ✓ Osoba ili objekt koji bi mogli biti ozlijeđeni, odnosno oštećeni

Arborikulturna analiza pruža procjenu i identifikaciju opasnih stabala te izbjegavanje mogućih nesreća. Drugi cilj arborikulturne analize je unaprijeđenje upravljanja sastojinom sakupljanjem informacija kroz niz godina te uspostava dugotrajnog plana njege (Matheny i Clark 1994).

Pri arborikulturnoj analizi promatraju se mehanički i biološki čimbenci (Mattheck i Breloer 2004). Biološki aspekt procjene uključuje vitalnost stabla s obzirom na stanje krošnje, gustoću i boju lišća i iglica, pojava suhih grana te simptome koji ukazuju na prisutost bolesti i štetnika. Pod mehaničkim aspektom podrazumijevaju se oboljenja i greške drva koje povećavaju mogućnost loma ili izvale.

Metoda procjene opasnih stabala dijele su u dvije skupine:

- ✓ vizualne metode (koje se baziraju na prepoznavanju vanjskih promjena na stablu)
- ✓ statički integrirane metode (koje se baziraju na upotrebi posebno razvijenih sofisticiranih arborikulturnih instrumenata)

1.1.2. Vizualna metoda prosudbe urbanih stabala

U Hrvatskoj se arborikulturna analiza koristi kao podloga za donošenje odluka o gospodarenju urbanim stablima. Najčešće se obavlja vizualnim metodama i to VTA metodom (eng. *Visual Tree Assessment*) ili njezinim modifikacijama (Gregurović, 2011; Paulić i sur., 2015).

Analiza urbanih stabala vizualnim metodama temelji se na vizualnoj procjeni niza fizičkih čimbenika, od zdravstvenog stanja, vitaliteta i fizičkih oštećenja do uvjeta okoliša u kojima se stabla nalaze. Omogućuje brzu i efikasnu procjenu većeg broja stabala te je dobar temelj za daljnju arborikulturnu analizu. Ukoliko postoji sumnja na opasnost od loma ili izvale, daljnom analizom, uz pomoć arborikulturnih instrumenata, stvara se uvid u unutrašnje stanje stabla. Na osnovu prikupljenh informacija pristupa se jednom ili više arborikulturnih zahvata njege stabla (Gregurović, 2011). Predloženi zahvati ne smiju ugrožavati trenutno i buduće sigurnosno te zdravstveno stanje stabala, ali ni smanjiti njegovu estetsku ulogu u prostoru (Oven, 2000).

Kako bi mogli zaštititi, održavati i upravljati urbanim sastojinama ključno je poznavati njihovo prijašnje stanje kako bi razumjeli uvjete u kojima stablo raste. Dužina evaluacijskog ciklusa, odnosno interval od jedne arborikulturne prosudbe do sljedeće, može utjecati na kvalitetu prosudbe i identifikacije mjesta najvjerovatnijeg za lom te na prosudbu ukupne ocjene opasnosti stabla. Prema Mathenyu i Clarku (2010) evaluacijski interval nebi trebao biti duži od dvije godine. U tom slučaju odluke donešene o potrebnim zahvatima njege temelje se na trenutnoj vizualnoj prosudbi, ali i na predznanju o stanju pojedinog stabla tijekom prethodnih procjena.

Prosudba zdravstvenog stanja i oštećenosti stabala u urbanom šumarstvu postaje sve važnija, prvenstveno zbog praktične primjene u kojoj možemo predviđati broj, vrstu i buduće lokacije stabala koja će zamjeniti oštećena, slabo vitalna ili odumrla stabla (Hrvatske šume, 2018). Redovitom prosudbom te praćenjem stabala u urbanoj sredini, kroz dulje vremenski period, omogućuje se predviđanje budućeg stanja i rasta stabala čime se olakšava pravilno gospodarenje i upravljanje takvim prostorom. Uvidom u trenutno stanje možemo kvalitetnije odabrati odgovarajuće vrste za neko područje te planirati radove njege koji će imati pozitivne posljedice na stablo i sastojinu u cjelini.

1.2. Rast urbanih stabala

Rast stabla pod utjecajem je stanišnih ili ekoloških (klima, tlo, opskrba hranjivom, svjetlom i vodom) i sastojinskih ili strukturnih (struktura i gustoća sastojine, konkurentnost stabala) čimbenika (Božić, 2003). Na prirast utječe i biologija stabla (starost, stanje krošnje, anatomija i fiziologija vrste itd.), razna oštećenja, uzgojni postupci (Becker, 1991) i različiti biološki čimbenici kao što su patogene gljive i štetnici.

Stabla se razlikuju po mehanizmima rasta. Postoje dva glavna principa po kojima se odvija njihov razvoj (Loehle 1988). Kod prvog, stabla brzo dosežu maksimalnu visinu, ali su podložniji napadima štetnika i teže se obnavljaju nakon negativnih klimatskih pojava (proljetni mraz, suše i slično). Kod druge skupine, gdje spada i hrast kitnjak, stabla tijekom razvoja izdvajaju velik dio resursa u svrhu obrane. Takva stabla, iako rastu sporije, maju veće sposobnosti obraniti se od patogena i parazita te time imaju i duži životni vijek. U park-šumama grada Zagreba, sastojine s dugovječnim vrstama su u prevlasti, a jedna od njih je i hrast kitnjak koji predstavlja zanimljivu vrstu za istraživanje jer u godovima ima zabilježenu povijest rasta u proteklih sto i više godina.

Rast stabla može se predvidjeti na osnovu niza uzoraka koje isčitavamo iz godova. Strukturne greške, kao što su nepravilan razmak grana i rast iz žilja, mogu se javiti kao rezultat normalnog rasta i razvoja stabla te kao posljedice mehaničkog ozljeđivanja (Matherny i Clark, 1994). Iz tog razloga vrlo je važno poznavanje biologije stabla kako bi pravilno ocjenili važnost pojedinog simptoma.

Rast i razvoj biljaka ovisi o brojnim ekološkim čimbenicima među kojima klima i tlo imaju vrlo značajnu ulogu. Količina oborina, teperatura i vlaga tla od velike su važnosti za rast stabala. Mijenjanjem prirode, čovjek posredno djeluje na mikroklimatske uvjete određenoga područja. Promjene u temperaturi i dostupnosti vode često imaju negativan utjecaj na rast stabala. U urbanim sredinama uvjeti su znatno promjenjenu u odnosu na prirodne sastojine; gustoća vegetacije je niža što utječe na jačinu vjetra, veće temperature te snažniji utjecaj sunčeve radijacije

1.2.1. Negativan utjecaj urbanog staništa

Park šume, kao jedan od tipova zelenih površina u gradovima, izložene su onečišćenjima koja kroz tlo, zrak i vodu posredno i neposredno utječu na vitalnost i rast stabala. Negativan ujecaj urbanih sredina na tlo, promjene u klimatskm faktorima te parazitske gljive i insekti glavni su uzroci odumiranja stabala u gradovima. Promjene koje se javljaju najčešeće su vidljive u

krošnji, u obliku žućenja lišća i iglica, odumiranja pupova, te djelomičnog ili potpunog gubitka asimilacijskih organa. Tako oslabljeno stablo lakše podliježe napadu bolesti i štetnika što dovodi do oslabljenjenog biološkog potencijala stabla. Takvim promjenama dolazi do ugrožavanja stabilnosti šumske sastojine te smanjivanja općekorisnih funkcija šume.

Zagađenost zemljišta najviše se očituje u obliku zbijenosti tla koje negativno djeluje na rast i razvoj stabala ograničavanjem dostupnosti vode do korijenskog sustava. Zagađenost zemljišta zbog upotrebe industrijske soli u zimskim mjesecima, ispušnih plinova automobila te ispuštanja drugih polutanata također imaju negativan utjecaj na sastav tla i korijenski sustav stabla.

1.2.2. Zrelost stabala u urbanim sredinama

U urbanim sredinama hrast kitnjak pokazuje znakove preuranjenog odumiranja. Zbog negativnih utjecaja urbanog okruženja, prema Matiću (2010), fiziološka zrelost i odumiranje pojedinih stabala počinje se javljati, vrlo rano, u dobi od 100 godina. Zbog veće izloženosti onečišćenju zraka i vode te smanjene kvalitete tla zbog presecanja sastojine stazama i šetnicama te učestalog korištenja, postoje razlike u pristupanju u radovima njege, obnove i održavanja. Ophodnja ili vrijeme koje protekne od osnivanja do pomlađivanja mora biti duže nego u gospodarskim šumama, jer stabla u urbanim sredinama prvenstveno pružaju općekorisne funkcije, a stara visoka stabla imaju veću vrijednost i značaj nego mlada stabla koja su na početku životnog vijeka. Iz tog razloga, intenzivniji su radovi njege, orezivanja i brige oko takvih stabala, dok bi u prirodnoj sastojini ona bila posjećena i zamjenjena mladom sadnicom.

1.3. Dendrokronologija

Dendrokronologija je interdisciplinarna znanost koja se bavi analizom strukture godova i unakrsnim datiranjem s ciljem interpretiretacije informacija o okolišnim procesima i događajima koji su utjecali na rast i razvoj stabla (Kaennel i Schweingruber, 1995). Riječ *dendro* odnosi se na korijen grčke riječi te znači stablo, a *kronos* se odnosi na znanost o vremenu. Karakterizirana je kao sistematsko unakrsno datiranje godova, odnosno prikaz karateristika godova te korelacija s točnom godinom kad je taj god nastao.

U određenoj mjeri godovi sadrže informacije o uvjetima u kojima je stablo raslo kroz godine i u tome leži metoda datiranja. Može se koristiti za stabla iste vrste koja su rasla u sličnim klimatskim uvjetima te na određene situacije slično reagiraju. Pravilno korišteno, unakrsno

datiranje omogućuje da sve karakteristike godova budu smještene u točan vremenski period (Fritz i Swetnam, 1989).

1.3.1. Rast godova

Kontinuirana pojava goda vezana je za prostore umjerene i suptropske klimatske zone zbog jasnih razlika između godišnjih doba i vegetacijskog mirovanja stabala u zimskom periodu. Jedan god predstavlja debljinski prirast stabla unutar jedne godine,a za stabla našeg podneblja jedna godina predstavlja jedno vegetacijsko razdoblje. Starost stabla možemo utvrditi brojanjem godova na njegovom poprečnom presjeku.

Godišnji rast kreće s diferencijacijom ksilemskih i floemskih stanica u kambijalnom sloju. Stanice „ranog drva“ stvaraju unutrašnju komponentu goda, šire su i svjetlije boje. Kasnije promjene raznih ekoloških faktora i unutrašnjih fizičkih uvjeta stabla utječu na stvaranje užeg, gušćeg i tamnijeg „kasnog drva“.

Radijalni rast godova je mjera kambijalne aktivnosti stabla i kao takav predstavlja zabilježenu povijest rasta stabla. Rast godova može nam poslužiti za uspostavljanje „otisaka“ odnosno univerzalnih uzoraka koji nam približavaju i objašnjavaju rast stabala i kako pojedini klimatski i biološki čimbenici utječu na njega (Jagels i Telewski, 1990). U određenoj mjeri godovi sadrže informacije o uvjetima u kojima je stablo raslo kroz godine. Upotreba širine godova za uvid u utjecaj klimatskih promjena i antropogenog utjecaja podrazumijeva reagiranje sekundarnog kambija na vanjske čimbenike. Kambij može reagirati na više različitih kvalitativnih i kvantitativnih načina. Kako radijalan rast predočuje samo mjeru kambijalne aktivnosti teško je sa sigurnošću reći koji je okolišni čimbenik odgovoran za smanjen rast. Smanjen rast može biti uzrokovan kombinacijom čimbenika kao što je suša, oštećenja mrazom, napad insekata ili utjecaj polutanata Isto vrijedi i za povećanje radijalnog rasta koje može biti uzrokovano gnojivima (NO_2, SO_2) ili promjenom u gospodarenju šumskom sastojinom.

Strukturne karakteristike godova kao što je širina, gustoća (Schweingruber, 1983; Schweingruber i sur., 1978) i veličina provodnih elemenata, pokazuju razlike od jednog goda do drugog. Širina goda je mjera koja se njačešće koristi jer je najlakše mjerljiva.

Dendrokronologija se prema Speeru (2010) sastoji od nekoliko poddisciplina: dendroklimatologije, dendroekologije, dendroarheologije, dendrogeomorfologije i dendrokemije.

1.3.2. Dendroklimatologija

Pojmovi dendroklimatologije i dendrohidrologije često se koriste kao referenca za dendrokronološke studije klimatskih i hidroloških fenomena (Fritz i Swetnam, 1989).

Dendroklimatologija se fokusira na izmjeri širine godova kako bi obuhvatili informacije o varijacijama u klimi kroz dulji vremenski period. Širina godova pohranjuje mnoštvo informacija o klimatskim prilikama i njihovom utjecaju na rast stabla. Klima je jedan od važnijih čimbenika koji utječu na radijalni rast godova. Iako se s vremenom klima mijenja te stabla različite dobi reagiraju na klimu drugačije, smatra se da je povezanost rasta godova i klime kroz duži vremenski period konstantna. (Rozas, 2013).

1.3.3. Dendroekologija

Dendrokronologija se može koristiti i za studiju ekoloških problema u podisciplini koja se zove dendroekologija (Fritz i Swetnam, 1989). Dendroekologija proučava zakonitosti utjecaja ekoloških čimbenika, kao što su požari, paraziti i patogeni, na rast stabala (Speer, 2010).

Postoje četiri osnovna načina kojim datirani podatci o godovima mogu biti primjenjeni u ekološkim studijima:

- ⇒ Specifični ekološki događaji mogu biti datirani pomoću njihove povezanosti sa strukturom godova i ozljedama. Može se koristiti za datiranje stabla na staništima koja su utjecana poplavnom vodom, na strminama, kamenim terenima i drugim tipovima geomorfoloških promjena
- ⇒ Druga generalna primjena dendrokronološke analize u dendroekologiji bavi se negativnim promjenenama u šumskim ekosustavima koje nisu uzrokovale ozljede i oštećenja već su iskazane kroz strukturne promjene goda koje se javljaju kao rezultat smanjene produktivnosti i rasta (Fritts i Swetnam 1989).
- ⇒ Karakteristike godova koriste se i za rekonstrukciju varijacija suša, temperatura i količina oborina u prošlosti (Fritts i Sweetnem 1989). Može se se koristiti i za studiju produktivnosti šumskog ekosutava. Ova metoda je vrlo važna jer je potrebna za razumijevanje i rješavanje ekoloških problema, a postojeće informacije o klimi i hidrologiji su prekratke za uspostavu dugoročnih klimatskih varijabilnosti i promjena.
- ⇒ Četvrti tip primjene uključuje jednu ili više životinja čije je ponašanje utjecano klimom u mjeri gdje se te promjene mogu povezati s klimatskim informacijama pohranjenim u varijacijama širine godova.

Dendroekologija postaje sve važnija disciplina jer omogučuje uvid u podatke o raznim ekološkim pojavama te pobliže objašnjava interakcije između više prirodnih poremećaja. Takva nam saznanja koriste u održivom (potrajnom) upravljanju prirodnim ekosustavima (Speer, 2010).

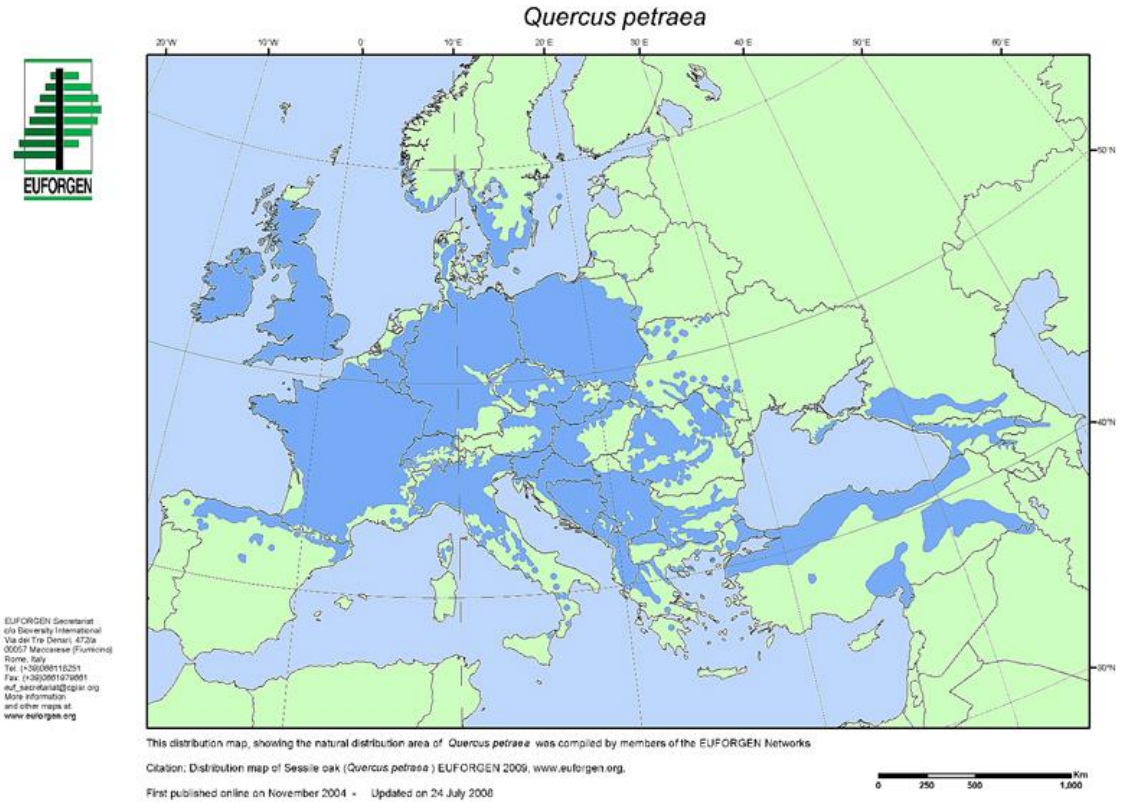
1.3.4. Dendrokronologija i urbana stabla

Urbana stabla nalaze se u uvjetima za rast koja često mogu predstavljati stres, kroz ograničeno područje za rast, manjak vode i zagađenost zraka, ali i izlaganje specifičnim uvjetima kao što su građevinski radovi i kronični stres uzrokovan povećanim temperaturama i lošom kvalitetom tla. Promjene u širini godova kroz godine rasta reflektiraju sve promjene uzrokovane klimatskim i ekološkim događajima koji su se dogodili u određenom razdoblju. Zbog povećanog interesa za ulogu urbanih stabala u urbanim ekosustavima, dendrokronologija je postala vrlo koristan alat kojim se mogu interpretirati ekološki, ali i modeli rasta biomase, što sve ima ulogu u rješavanju problema loše kvalitete zraka i apsorbiranju ugljika u gradovima (Bartens i sur., 2011). Na urbanim stablima, uz ranije navedene čimbenike koji utječu na promjene u strukturi godova, polututanti i onečišćenja zraka također imaju važnu ulogu. Stabla pokazuju smanjenje širine godova koje su nevezane uz starost i klimatske faktore (Fox, 1980)

U Europi se, kroz razna istraživanja, rod *Quercus* pokazao kao važna vrsta za dendrokronološka istraživanja. Anatomski jasno definirani godovi te široka geografska rasprostranjenost i dugovječnost ukazuju na pogodnost hrasta kitnjaka za dendrokronološka istraživanja koja su prema Haneca i sur., (2009) razvijaju u zadnjih tridesetak godina, od kad možemo vidjeti velik napredak u dendrokronologiji.

1.4. Hrast kitnjak

Hrast kitnjak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) jedna je od najvažnijih vrsta šumskog drveća u Hrvatskoj. Pripada porodici *Fagaceae*, listopadna je i jednodomna vrsta, počinje cvjetati u starosti od oko 20 godina, a u sastojini od 40 godina. Rasprostire se vjetrom te je pretežno mezofilna vrsta. Cvjeta u IV. i V. mjesecu dok žir sazrijeva u IX. I X. mjesecu. Maksimalna visina koju može doseći je 45 m dok je krošnja široko jajastog oblika. Korijenov sustav je dobro razvijen s izraženom žilom srčanicom. Rastrostranjen je po čitavoj Europi te na području Kavkaza i Male Azije (Idžojtić, 2013).



Slika 1. Areal hrasta kitnjaka: (prilagođeno prema EUFORGEN 2009)

Raste na kiselom, podzolastom te slabo razvijenom skeletnom tlu, nizinskih, a naročito brežuljkastih i brdskih terena (Franjić, 2010).

Urbane sredine čine velik dio areala hrasta kitnjaka. U park šumama grada Zagreba možemo pronaći sastojine hrasta kitnjaka starosti i preko optimalne zrelosti, koja za hrast kitnjak iznosi 120 godina. Za to je razlog što su te šumske sastojine nekada bile dio prirodne šume te su u nekom periodu prenamjenjene u urbane, tako da su većinu svog razvoja provele u optimalnim uvjetima.

U Zagrebu stare hrastove sastojine možemo pronaći i u parku Maksimir. U njemu su zastupljene šumske zajednice koje rastu na velikim površinama u okolnim brdskim i nizinskim predjelima sjeverne Hrvatske. Uz Zagreb gotovo svi europski gradovi imaju primjere takvih starih šumskih sastojina koje su danas dio urbane infrastrukture. Primjeri su park Tivoli i Rožnik u Ljubljani te Epping forest u Londonu.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

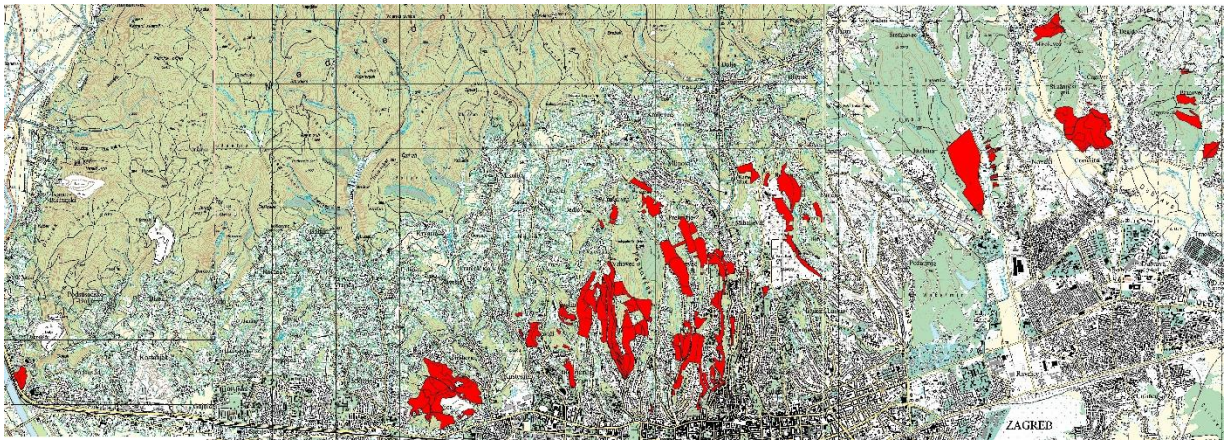
Cilj istraživanja provedenog u ovome radu jest utvrditi promjenu arborikulturnog stanja zrelih stabala hrasta kitnjaka u odabranim park-šumama grada Zagreba nakon pet godina od posljednje prosudbe.

Također kao cilj istraživanja postavljeno je utvrditi utjecaj klimatskih parametara (temperatura i oborina) na dosadašnji rast urbanih stabala hrasta kitnjaka čime bi se uspješnije predvidila mogućnost njihovog razvoja i opstanka u prostoru park šuma grada Zagreba.

3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. Područje istraživanja

Za područje istraživanja odabrane su park-šume smještene na području grada Zagreba. Na prostoru grada Zagreba nalazi se 395,08 ha šumskog zemljišta (Seletković i sur., 2010). Većinom je riječ o manjim kompleksima u mozaičnom rasporedu okruženim urbanim zonama. Pojedini kompleksi nisu povezani u jedinstvenu cjelinu jer je cjelokupni areal park-šuma grada Zagreba ispresijecan gradskim četvrtima i objektima infrastrukture. Pružaju se u smjeru sjever-jug u pojasu od gotovo 9 kilometara, te u smjeru istok-zapad u potezu od preko 20 kilometara (Seletković i sur., 2010). Park-šume grada Zagreba pretežito su izvorne šume s dobro ustrojenim šumskim ekosustavima.



Slika 2. Položaj GJ 'Park šume grada Zagreba' (Paulić, 2015)

Cilj gospodarenja park šumama, u prvome redu, je u pridobivanju općekorisnih funkcija, pri čemu su odmor i rekreacija građana na prvome mjestu, za razliku od gospodarskih šuma gdje su osim općekorisnih funkcija naglašene gospodarske funkcije u obliku proizvodnje što kvalitetnijih drvnih proizvoda (Seletković i sur., 2010).

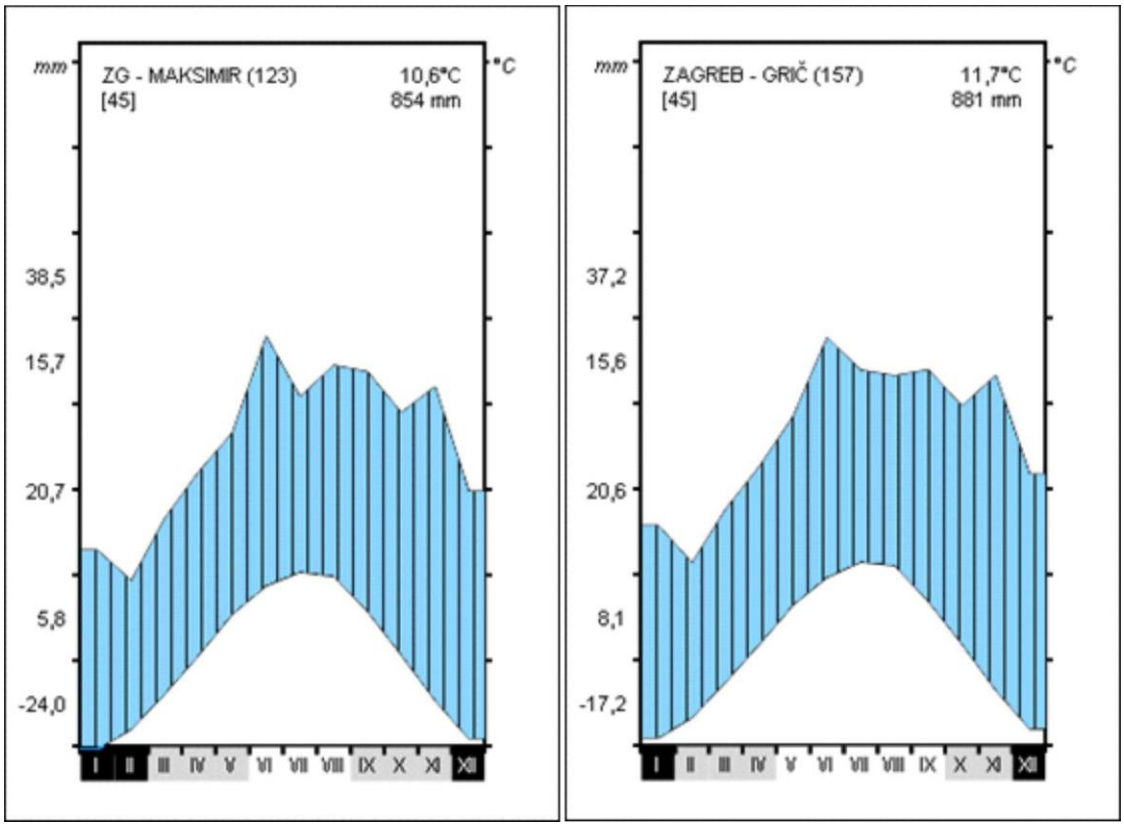
Iako su sastavni dio zelenih površina grada Zagreba, park-šumama gospodari poduzeće Hrvatske šume d.o.o., na razini gospodarske jedinice „Park šume grada Zagreba“, UŠP Zagreb, RJ Hortikultura.

3.1.2. Stanišna obilježja park-šuma grada Zagreba

Klimatski uvjeti izravno utječu na tlo i vegetaciju. Količina oborina te temperatura zajedno s karakteristikama tla najvažniji su čimbenici koji uvjetuju razvitak, sastav i raspored šumske vegetacije.

3.1.2.1 Klimatski uvjeti

Zagreb se odlikuje umjereno toplo kišnom klimom prijelaznog kontinentalno-maritimnog podtipa. Osnovno obilježje klime je izostanak suhog razdoblja, ravnomjeran raspored oborina tijekom cijele godine, dok najsuše razdoblje pada u hladni dio godine.



Slika 3. Klima dijagrami prema Walteru za meteorološke postaje Zagreb – Maksimir i Zagreb – Grič za razdoblje 1960. – 2004. (Seletković i sur., 2010)

Ukupno u gradu Zagrebu godišnje padne od 854 mm oborina (Maksimir) do 881 mm (Grič). Oborine su prilično ravnomjerno raspoređene tijekom godine. U vegetacijskom periodu padne preko 55% od ukupnih godišnjih oborina, dok najmanje oborina padne u prva tri mjeseca u godini.

Srednja je mjesečna temperature zraka najhladnijeg mjeseca iznad -3°C, a srednja mjesečna temperature najtoplijeg mjeseca ispod 22°C. Temperatura zraka je povoljna za razvoj šumske vegetacije. Srednja godišnja temperature za promatrano razdobolje (od 1960. do 2004.) iznosi 10,4°C na Maksimiru, odnosno 11,7°C na Griču. Ljetno razdoblje nije prevruće, dok zime nisu prehladne.

3.1.2.2 Obilježja tla

Geološku podlogu u gospodarskoj jedinici ‘Park šume grada Zagreba’ tvore uglavnom kvartarne naslage terasnih i obrončanih diluvija te aluvija. Na južnim se obroncima Medvednice nalaze silikatni i silikatno-karbonatni supstrati na kojima su se razvili različiti tipovi tala, kao što su luvisol, pseudoglej, koluvijalno i aluvijalno tlo te kiselo smeđe tlo (Seletković i dr., 2010). Prema zastupljenosti pojedinih tipova tala ističe se pseudoglej obrončani kao najzastupljenije tlo na području gospodarske jedinice na 89,5 % površine (Anon, 2014).

3.2. Odabir lokacije istraživanja

Lokacije koje su odabrane za područje istraživanja su park-šume uklopljene u centar Zagreba. Zbog svojih rekreativnih, estetskih i zdravstvenih funkcija često se koriste te je iz tog razloga potrebno im posvetiti više brige oko njih kako bi se osigurala sigurnost građana. Kako se istraživanje temelji na šumskim sastojinama unutar park-šuma uklopljenih u infrastrukturu grada predstavljaju idealnu lokaciju za provođenje ovoga istraživanja.

Glavninu šumskh sastojina čini hrast kitnjak s grabom u podstojnoj etaži. Dobna struktura je nepovoljna jer trećinu sastojine čine stare sastojine (Anon, 2014). Sastojine su pretežno visokog uzgojnog oblika u kojima treba provoditi sve faze njege i sve radove na obnovi, ovisno o konkretnom stanju pojedine sastojine. Na lokacijama je odrađena vizualna prosudba stabala prije pet godine što nam je dalo uvid u prijašnje stanje sastojine i kako su se pojedina stabla razvijala od prethodne procjene. Kao točne lokacije odabrane su park-šume Granešina, Tuškanac i Zelengaj. Na navedenim lokacijama istraživanja odabran je dio površina unutar park-šuma na kojima je napravljeno istraživanje.



Slika 4. Park-šume: A) Granešina; B)Tuškanac; C) Zelengaj

Tablica 1. Nazivi i ukupne površine istraživanih sastojina unutar GJ 'Park-šume grada Zagreba'

Lokacija	Odsjeci	Površina (ha)
Granešina	2f ; 2h	11,73
Tuškanac	5f	3,81
Zelengaj	5g	17,29

3.2.1. Park-šuma Granešina

Park šuma Granešina smještena je unutar kompleksa Grad mladih, u istočnoj podsljemenskoj zoni na području zagrebačke Dubrave. Obuhvaća oko 50 hektara ograđenog i hortikulturno uređenog prostora koji se ponajviše koristi za odmor i rekreaciju. Prostor park-šume obogaćen je šetnicama, klupama i stolovima, otvorenim paviljonima, sjenicama, šumskom pozornicom, parkom skulptura i sportskim terenima. Brojnim aktivnostima koje se odvijaju u parku, tlo je izloženo intenzivnom zbijanju i gaženju, što bitno utječe na vitalnost stabala i sastojine u cjelini. Najveći dio ove park-šume pokriven je sastojinama u kojima je glavna vrsta drveća hrast kitnjak. U središnjem dijelu park-šume raste stara, 140-godišnja sastojina hrasta kitnjaka s primješanim hrastom lužnjakom i običnim grabom te klenom, pitomim kestenom, običnim jasenom, bagremom, lipom i drugim vrstama. Stara hrastova stabla su do 27 m visine, tanjurastih krošanja s dosta suhih grana obraslih imelom (Anić i Oršanić, 2010).

3.2.2. Park-šuma Tuškanac

Park-šuma Tuškanac smještena je unutar kompleksa park-šuma središta. U sklopu ove park šume nalazi se stara 150-godišnja mješovita sastojina hrasta kitnjaka, obične bukve i graba s primješanim stablima bagrema, lipe, kestena, divlje trešnje, klena, jasena i javora te mjestimice u grupama unešenih stabala američkog borovca i smreke. Većina stabla hrasta kitnjaka smješena su u južnom dijelu park-šume s običnim grabom u podstojnoj etaži. Hrastova stabla često su lošije kvalitete, sa suhim granama u krošnji, obavijena su bršljanom i smanjene lisne površine (Anić i Oršanić, 2010).

3.2.3. Park-šuma Zelengaj

Park-šuma Tuškanac tvori istočni rub kompleksa park-šuma središta. Lokacija u samom središtu grada Zagreba čini ovu park-šumu izrazito dostupnom većem broju posjetitelja (Anić i Oršanić, 2010). U središnjemu dijelu prevladava stara, 130-godišnja miješana sastojina hrasta kitnjaka, običnoga graba i bukve, uz primiješana stabla bagrema, lipe, i ostalih vrsta.

Hrast kitnjak prevladavajuća je vrsta, posebice na osunčanim i sušim grebenima, gdje tvori samostalne skupine stabala, bez primjesa ostalih vrsta. U sastojini po hektaru uspijeva 221 stablo, od čega je samo 15 stabala hrasta kitnjaka. Bez obzira na urbani utjecaj kitnjakova su stabla snažna, s dobro razvijenim krošnjama te prsnim promjerom do 100 cm. U šumskoj sastojini, na dosta stabala možemo vidjeti imelu i bršljan, ali i odumrle grane u krošnji koje bi mogla predstavljati problem u skoroj budućnosti. Navedene pojave ukazuju na antropogeni i urbani utjecaj kojeg treba imati u vidu kod svih analiza i zahvata (Anić i Oršanić, 2010).

3.3. Vizualna prosudba stabala

Za lokacije terenskog rada odabrane su tri park-šume (Granešina, Tuškanac, Zelengaj) na području grada Zagreba na kojima je prethodno prije pet godina već odrađena vizualna prosudba velikog broja stabla korištenjem EHT metode.

3.3.1. EHT metoda

Metoda koju smo koristili na terenu za prosudbu stabala je EHT metoda (eng. *Evaluation of Hazard Trees*). EHT metoda je prva standardizirana metoda vizulane prosudbe stabala koju su prvi predstavili Matheny i Clark 1994. godine. EHT metoda omogućuje sistematsko evidentiranje podataka o greškama stabla te ih povezuje s ocjenom ukupne opasnosti te posljedično štete koju stablo može izazvati svojim lomom ili izvalom.

Prosudba stabala EHT metodom se obavlja na temelju dijagnostičkog obrasca.

Obrazac koji smo koristili na terenu uključuje opće podatke o stablu, vitalnost stabla, greške te ukupnu ocjenu opasnosti. Služi kao sistematski i organizirani prikaz stanja svakog pojedinog stabla i usmjerava procjenitelja na konzistentnu evaluaciju. Osim obrasca koristili smo i mjernu vrpcu za izmjeru promjera stabla, kredu za označavanje pregledanih stabala, mapu s označenim stablima, dalekozor za pregledavanje krošnje i fotoaparat. Na samom početku prosudbe, stablo smo promatrali s određene udaljenosti, kako bi dobili cjelovitu sliku o njegovoj formi i smještaju u prostoru, tek kasnije smo se približili kada smo bilježili simptome grešaka i oštećenja na korijenu, žilištu i deblu.

Tablica 2. Tablica za prosudbu stabla EHT metodom (Paulić, 2015)

Opći podatci o stablu				
Forma (oblik)	simetrična (1); djelomično asimetrična (2); potpuno asimetrična (3) orezano u glavu (4) reducirana krošnja, stablo u odumiranju (5)			
Klasa krošnje	dominantna (A)= 1; nuzgredna (B)= 2; podstojna (C)= 3; potisnuta (D)= 4			
Orezivano	ne (0); da (1)			
Vitalnost stabla				
Boja lišća	normalna (0); klorotično (1) nekrotično (2)			
Gustoća lišća	normalno (0); rijetko (1)			
Rast jednogodišnjih izbojaka	normalan (0); slab (1)			
Razvoj kalusa	nema (0); slab (2); prosječan (3); izvrstan (4)			
Klasa vitalnosti	izvrstan (4); prosječan (3); dobar (2); slab (1)			
Živici	Bolesti i štetnici	ne (0); da (1)		
GREŠKE STABLA				
Greške korijena				
Sumnja na trulež korijena	Plodišta truležnica	ne (0); da (1)		
Žilište i pridanak ozlijeđeni	Tlo izdignuto			
Pukotine u tlu	Korijen slomljen			
Izloženo korijenje	Potkopan korijen	malo (1); srednje (2); jako (3)		
Korijen orezan	ne (0); da – na udaljnosti od (1,2,3 m) od stabla			
Ograničena površina korijena	malo (1); srednje (2); jako (3)			
Potencijal za lom korijena	mali (1); srednji (2); veliki (3)			
Nagnutost				
Nagnutost tip	prirodna (1); neprirodna (2); samoispravljajuća (3)			
Trulež u smjeru nagiba	ne (0); da (1)			
Greške krošnje				
jaka (3), srednja (2), slaba (1)	Korijen	Deblo	Debalca	Grane
'Daveće korijenje'				
Mali pad promjera				
Zakrivljenost				
Kodominantnost rašlji				
Višestruka debalaca ili grane (rašlje)				
Urasla kora				
Otežali vrhovi grana ('teretne grane')				
Pukotine (raspukline)				
Prelomljene (odlomljene) grane				
Rane (oštećenja)				
Labava (odlomljena) kora				
Trulež				
Šupljine				
Plodna tijela gljiva				
Tekline				
Duplje (pčele)				
Mravi ili termiti				
Rak				
Mrtvo drvo u krošnji				
Prijašnji lomovi				

Svaka od promatranih kategorija simptoma iskazana je ocjenama 1-3. Ocjena 1 označava da je određeni simptom prisutan, ali slabo izražen, dok ocjene 2 i 3 ukazuju na prisutnost greške koja je jače izražena i može imati veći utjecaj na mogućnost loma.

Dijelovi stabla koji se procjenjuju su korijen i žilište (do 0,3 m visine), deblo (od 0,3 m visine do visine početka krošnje), debalce (od početka do donje trećine košnje) i grane. Dio stabla najvjerojatniji za lom raspoređen je u 4 kategorije: korijen, deblo, debalca i grane.

Za prosudbu opasnosti stabla procjenjitelj daje ocjenu od 1-4 za svaku od kategorija prosudbe:

Potencijal za lom (eng. *Failure potential*): predstavlja mogućnost loma dijela stabla zbog grešaka koje su prethodno procjenjene. Ocjene u rasponu od 1-4 predstavljaju mali, srednji, veliki i jako veliki potencijal za lom.

Veličina dijela stabla (eng. *Size of part*): označava veličinu dijela stabla za koji je najvjerojatniji da će se lom dogoditi. Promjer do 15 cm spada u ocjenu 1, od 15-45 cm u ocjenu 2, za ocjenu 3 opasni dio stabla mora bit u rasponu od 45-75 cm te posljednja kategorija veće od 75 cm.

Učestalost korištenja lokacije, (eng. *Target rating*): ocjenjuje posjećenost i svrhu upotrebe prostora na koji bi mogao pasti dio stabla u slučaju loma. Najniža ocjena 1 se dodjeljuje za lokacije povremenog korištenja, 2 se dodjeljuje za lokacije koje se koriste s prekidima, 3 za često korištenje lokacije te kategorija sa najučestačijim korištenjem ima ocjenu 4.

Ocjena opasnosti stabla (eng. *Hazard rating*) je zbroj ocjena potencijala za lom (FP), veličina dijela stabla (SoP) i učestalosti korištenja lokacije (TR):

- ✓ HR = FP + SoP + TR

Ocjene su u rasponu od 1-12, gdje ocjene od 0-3 predstavljaju stablo za koje postoji mala mogućnost loma i štete na okolino, dok je kod ocjene opasnosti stabla 12 smatramo da je promatrano stablo opasno za svoju okolinu zbog izražene mogućnosti loma te ga je najvjerovatnije potrebno ukloniti kako bi se smanjila mogućnost za štetu.

Tablica 3. Klasifikacija stabala u klase ocjena opasnosti HR (eng. *Hazard rating*) nakon provedene prosudbe EHT metodom (Paulić, 2015)

Klasa HR	HR	Ocjena opasnosti klase
5	<3	neznačajna
4	3	niska
3	4–6	srednja
2	7–9	visoka
1	10-12	jako visoka

3.3.1. Terenski rad na prosudbi stabala EHT metodom

Kod odabira stabla koristili smo podatke vizulne procjene koja je odrađena na istim lokacijama prije 5 godina. Na svakoj od lokacija slučajnim odabirom odabrali smo podjednak broj stabala hrasta kitnjaka (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), koja su po vizalnoj prosudbi opasnih stabla, ravnomjerno raspoređeni u ukupnom uzorku istraživanih stabala s obzirom na ukupnu ocjenu opasnosti. Na taj način obavljena je prosudba na 121 stablo, koja su raspoređena prema lokacijama istraživanja:

- ✓ Park-šuma Granešina: 32 stabla
- ✓ Park-šuma Tuškanac: 40 stabla
- ✓ Park šuma Zelengaj: 49 stabla

Odabrana stabla iz prethodne prosudbe su na terenu locirana te su temeljem dijagnostičkog obrasca zabilježene sve promjene prema pripadajućim kriterijima EHT metode.

Prosudba stabala je obavljana u tijekom zimskog i ljetnog perioda kako bi se uočile promjene u krošnji koje su vidljive kad je sa i bez lista.

Vrijeme prosudbe u park šumi Granešina je bilo u više navrata tijekom zimskih mjeseci 2018. godine, dok je prosudba u park šumi Tuškanac i Zelengaj rađena u srpnju 2018. godine.

3.4. Dendroekološke metode

Drugi dio terenskog istraživanja odvijao se na istim lokacijama kao i vizualna prosudba. Na tri lokacije park-šuma grada Zagreba uzeti su izvrtci stabla hrasta kitnjaka. Uzorkovanja su provođena u više navrata: u zimskom periodu (23.01.2018.) te u dva navrata u tijekom ljeta (10.07. i 17.07.2018).

⇒ U park šumi Granešina: 27 stabala

⇒ U park šumi Tuškanac: 28 stabala

⇒ i Zelengaj: 18 stabala.

Ukupno je uzorkovano 73 stabla. Odabrana su dominantna stara stabla hrasta kitnjaka, većeg prsnog promjera, ravnog debla, dobre vitalnosti te bez znakova vidljive truleži kako bi iz uzoraka mogli što bolje iščitati godove i iz njih statističkom obradom i usporedbom s klimatskim prilikama vidjeti što je utjecalo na rast i razvoj stabla svake pojedine godine. Uzorkovana stabla nisu bila obuhvaćena vizualnom prosudbom stabla EHT metodom.

3.4.1. Terensko uzorkovanje drvnih izvrtaka

Za prikupljanje uzoraka na terenu korištena je klasična metoda bušenja stabala Presslerovim svrdlom. Uzorci su prikupljani na visini 1.30 m od razine tla paralelno s nagibom slojnica. Kod uzimanja izvrtaka važno je zahvatiti srčiku stabla kako bi se mogla odrediti što točnija starost svakog stabla. Iz tog razloga, sa svakog stabla uzeta su po 2 uzorka.



Slika 5. Uzimanje izvrtaka Presslerovim svrdlom i izgled pripremljenih uzoraka

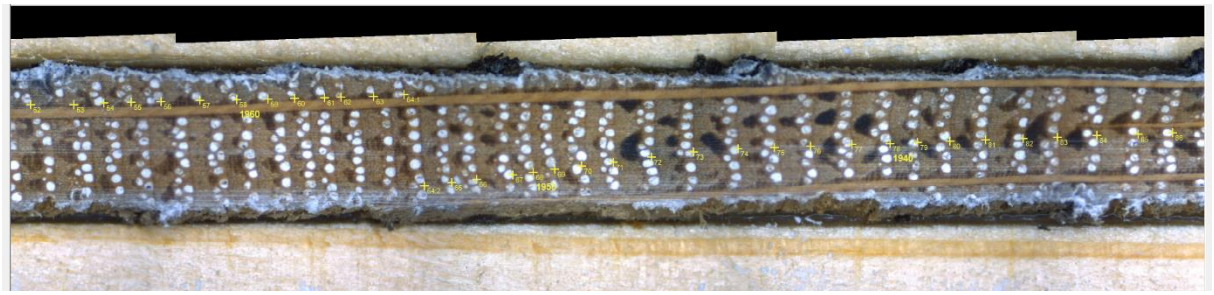
3.4.2. Priprema drvnih izvrtaka

Nakon terenskog rada, uzorci su skladišteni na niskoj temperaturi u hladnjaku kako bi zadržali kvalitetu odnosno spriječili njihovo naglo sušenje te utezanje. Nakon skladištenja u hladnjaku te prosušivanja na sobnoj temperaturi, u trajanju od najmanje jednog dana, izvrtci su lijepljeni u izrađene drvene predloške. Nakon toga, pristupilo se standardnoj gruboj i finoj obradi izvrtaka koristeći razne granulacije brusnoga papira.

3.4.3. Analiza i obrada drvnih izvrtaka

Nakon ljepljenja i brušenja, izvrtci su se skenirali koristeći integrirani sustav ATRICS (Levanič, 2007) koji se sastoji od mjernog stola s motorom, ZEISS Stemi 305 mikroskopa i kamere. Susav je spojen na računalo uz pomoć ATRICS software-a. Širina godova izmjerena je uz pomoć CooRecorder software-a (http://www.cybis.se) kako bi se postigla individualna kronologija. Uzorci su vizualno i grafički međusobno datirani uz pomoć TSAP-Win™ software-a, (http://www.rinntech.de) koristeći *t* - vrijednosti koeficijenta korelacije (Baillie i Pilcher, 1973) i *Gleichläufigkeit* (GLK) koeficijent, koji je mjera sličnosti između dviju individualnih kronologija baziranih na prvoj razlici između sukcesivnih godova (Schweingruber 1988).

Za statističku kontrolu kvalitete datiranja i izmjere u odnosu na ukupnu referentnu kronologiju korišten je program COFECHA (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001).



Slika 6. Detalj digitalnog snimka uzorka izmjerenog u CooRecorderu (Irina Suša)

3.4.4 Prikupljanje podataka o klimi

Pri analizi utjecaja klime na varijabilnost prirasta urbanih kitnjakovih stabla koristili su se klimatski podaci (mjesečna temperatura zraka i mjesečna količina oborina) preuzeti sa web stranice KNMI Climate Explorer za razdoblje od 1902. do 2016. godine za meteorološku postaju Zagreb.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja odnose se na dva segmenta rada: arborikulturni i dendroekološki aspekt urbanih stabla. Prvi dio rezultata odnosi se na vizualnu prosudbu stabala hrasta kitnjaka koju smo odradili na tri lokacije park-šuma grada Zagreba, dok se drugi dio odnosi na rezultate analize izvrtaka hrasta kitnjaka i njihovu usporedbu s klimatskim elementima tijekom dosadašnjeg prerioda rasta, na istim lokacijama gdje smo odradili i vizualnu prosudbu.

4.1. Vizualna prosudba stabla

Vizualnom prosudbom stabala EHT metodom dobili smo rezultate stanja stabala nakon pet godina od zadnje prosudbe koje smo podijelili u nekoliko kategorija:

⇒ vitalnost stabla

⇒ greške krošnje

⇒ greške korijena

⇒ ocjene opasnosti

4.1.1. Istraživana stabla hrasta kitnjaka

Vizualnu prosudbu napravili smo na ukupno 121 stabalu, koja su raspoređena na tri lokacije na području park-šuma grada Zagreba.

Tablica 4. Nazivi i površine istraživanih sastojina unutar GJ 'Park-šume grada Zagreba'

Lokacija	Granešina N = 32		Tuškanac N = 40		Zelengaj N = 49	
	Promjer (cm)	Visina (m)	Promjer (cm)	Visina (m)	Promjer (cm)	Visina (m)
Srednja vrijednost	48,8	21,7	50,5	23,7	67,2	29,3
Min	11,1	7,1	29,2	10,6	27,9	14
Max	91,8	33	80,7	33,1	105,6	36,7
Standardna devijacija	29,6	7,1	12,8	4,6	17,3	3,8
Koeficijent varijabilnosti	6,7%	3,3%	2,3%	1,9%	2,6 %	1,3%

Iz tablice, vidljivo je kako su prosječne visine stabala u rasponu od 21,7 m do 29,3 m, dok su promjeri između 48,8 cm i 67,2 cm. Prema našem uzorku, najviša stabla te stabla s najvećim promjerom nalaze se u park-šumi Zelengaj. Prosječno odstupanje od aritmetičke sredine uzorka nije značajno, a varijabilitet je, po Papiću (2014) vrlo slab.

4.1.2. Vitalnost stabala

U tabličnom prikazu rezultata vitalnosti, u postotcima, izraženo je pojavljivanje pojedinih simptoma te su istaknute razlike koje smo utvrdili uspoređivanjem rezultata trenutnog stanja s onim izmjerenim prije pet godina kod promatranih stabala.

Na lokaciji Granešina prosuđivala se vitalnost kod 32 stabala hrasta kitnjaka.

Tablica 5. Vitalnost stabla hrasta kitnjaka u park-šumi Granešina

		H. kitnjak - 2013. (N=36)	**H. kitnjak - 2018. (N=32)**	**Razlike**
		%	**%**	**%**
Boja lišća	normalna (0)	86,1	86,1	-
	klorotično (1)	5,6	2,8	-2,8
	nekrotično (2)	8,3	11,1	+2,8
Gustoća lišća	normalno (0)	27,8	30,6	-2,8
	rijetko (1)	72,2	69,4	
Rast jednogodišnjih izbojaka	normalan (0)	97,2	94,4	+2,8
	slab (1)	2,8	5,6	
Klasa vitalnosti	izvrstan (4)	-	-	-
	prosječan (3)	27,8	33,3	+5,5
	dobra (2)	61,1	55,6	-5,5
	slaba (1)	11,1	11,1	-
Živici	ne (0)	33,3	33,3	-
	da (1)	66,7	66,7	-
Bolesti i štetnici	ne (0)	25	25	-
	da (1)	75	75	-

Kod zrelih stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Granešina, vezano za vitalnost, uočili smo kako je najviše izražena prisutnost bolesti i štetnika te živića koji su prisutni kod više od 2/3 stabala. Također, kod 69,4% stabala gustoća lišća je rijetka. Prosudbom vitalnosti stabala bilo je vidljivo da se većina stabala (55,6%) nalazi u kategoriji 2 koja predstavlja oznaku za stabla koja imaju dobru vitalnost s obzirom na njihovu fiziološku starost.

U odnosu na stanje prosudbe stabala od prije pet godina vidljive su manje promjene u boji i gustoći lišća te rastu jednogodišnjih izbojaka. Promjene u vitalnosti stabala su također male te samo kod 5,5% stabala je zabilježena promjenena u višu klasu vitalnosti. Kod ostalih kategorija nisu zabilježene promjene te je utvrđeno stanje stabla u uzorku ostalo identično onome koje je zabilježeno 2013. godine.

Na lokaciji Tuškanac prosuđivala se vitalnost kod 40 stabala hrasta kitnjaka.

Tablica 6. Vitalnost stabla hrasta kitnjaka u park-šumi Tuškanac

		H. kitnjak - 2013. (N=41)	**H. kitnjak - 2018. (N=40)**	**Razlike**
		%	**%**	**%**
Gustoća lišća	normalno (0)	12,2	12,5	-0,3
	rijetko (1)	87,8	87,5	
Klasa vitalnosti	izvrstan (4)	-	-	-
	prosječan (3)	17	25	+8
	dobra (2)	51	52,5	+1,5
	slaba (1)	22	22,5	+0,5
Živici	ne (0)	12,2	15	-2,8
	da (1)	87,8	85	
Bolesti i štetnici	ne (0)	22	17,5	+4,5
	da (1)	78	82,5	

Iz prikazanih rezultata vitalnosti stabala na lokaciji park-šume Tuškanac vidljivo je kako se velik broj stabala (52,5%) nalazi u klasi dobre vitalnosti, dok se određeni postotak stabala (22,5 %) nalazi u klasi slabe vitalnosti koja je obilježena brojem 1. Također 87,5% stabala pokazuje simptom rijetke gustoće lišća, što ukazuje na slabiju vitalnost. Vidljivo je kako je prisutan velik broj bolesti i štetnika koji se od prethodnog mjerenja povećao. Kategorija bolesti i štetnika na ovom lokalitetu u većini slučaja odnosi se na prisutnost imele. Na većini stabala iz ovog uzorka utvrđena je i prisutnost živića, koji se u neznačajnom postotku smanjio. Promjene koje su se naviše istaknule u ovom uzorku, koje su vidljive u donosu na prosudbu iz 2013. godine, su u povećanju klase prosječne vitalnosti za 8%.

Na lokaciji Tuškanac prosuđivala se vitalnost kod 40 stabala hrasta kitnjaka.

Tablica 7. Vitalnost stabla hrasta kitnjaka u park-šumi Zelengaj

		H. kitnjak - 2013. (N=56)	**H. kitnjak- 2018. (N=49)**	**Razlike**
		%	**%**	**%**
Gustoća lišća	normalno (0)	76,8	75,5	+1,3
	rijetko (1)	23,2	24,5	
Rast jednogodišnjih izbojaka	normalan (0)	96,4	85,7	+10,7
	slab (1)	3,6	14,3	
Klasa vitalnosti	izvrstan (4)	-	-	-
	prosječan (3)	28,6	30,6	+2
	dobra (2)	64,3	61,2	-3,1
	slaba (1)	7,1	6,1	-1
Živici	ne (0)	37,5	34,7	+2,8
	da (1)	62,5	65,3	
Bolesti i štetnici	ne (0)	41,1	36,7	+4,4
	da (1)	58,9	63,3	

Na području park-šume Zelengaj 7 stabala od ukupno 56, koliko je bilo u uzorku mjerenja prije 5 godina, je posječeno ili je stradalo od vjetroizvale.

Prisustvo bolesti i štetnika te pojava živića manje je naglašena u odnosu na prethodne lokacije, ali je i dalje prisutno u velikom broju. U klasi vitalnosti, prevladava ocjena 2 te su vidljive manje promjene u smanjenju dobre i povećanju prosječne vitalnosti koje se nalaze u kategoriji vitalnosti ocjene 3. Kod razlika koje smo promatrali najviše se ističe oslabljen rast jednogodišnjih izbojaka, koji je od prethodne prosudbe na toj lokaciji narastao za 10%.

4.1.2. Greške korijena

Greške korijena na stablima hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba su zabilježena promatranjem donjeg dijela stabla i okoliša koji je važan za razvoj korijena.

Stabla hrasta kitnjaka u park-šumi Granešina pod utjecajem su urbanog okruženja, ali zbog samog smještaja park-šume te izolacije od većih prometnica, negativni utjecaji na tlo i korijenski sustav, nisu izraženi u velikoj mjeri.

Tablica 8. Greške korijena kod stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Granešina

		H. kitnjak - 2013. (N=36)	**H. kitnjak - 2018. (N=32)**	**Razlike**
		%	**%**	**%**
Sumnja na trulež korijena	ne (0)	72,2	75	-2,8
	da (1)	27,8	25	
Plodišta truležnica	ne (0)	91,7	94,4	-2,7
	da (1)	8,3	5,6	
Žilište i pridanak ozlijeđeni	ne (0)	83,3	80,3	+3
	da (1)	16,7	19,7	
Izloženo korijenje	malo (1)	8,3	8,3	-
	srednje (2)	-	-	-
	jako (3)	-	-	-
Potkopan korijen	malo (1)	5,6	2,8	-2,8
	srednje (2)	-	-	-
	jako (3)	-	-	-
Korijen orezan	ne (0)	94,4	94,4	-
	da (1)	5,6	5,6	-
Ograničena površina korijena	malo (1)	19,5	19,5	-
	srednje (2)	22,2	22,2	-
	jako (3)	-	-	-
Potencijal za lom korijena	mali (1)	22,2	22,2	-
	srednje (2)	8,3	5,6	-2,7
	veliki (3)	2,8	2,8	-

U park-šumi Granešina od simptoma grešaka korijena, najviše je izražena ograničena površina korijena (41,7%) te potencijal za lom (40,6%). Od ukupnog uzorka, 5,6% stabala pokazalo je znakove da je korijen orezan, s čime se nismo susreli na drugim lokacijama.

Promjene koje smo uvidjeli kroz usporedbu podataka očituju se u povećanom postotku oštećenosti žilišta i korijena. Vidljivo je i smanjenje potencijala za lom korijena i broja stabala s potkopanim korijenom. Također prisutnost plodišta gljiva truležnica utvrđena je na manjem broju stabala u odnosu na prosudbu 2013. godine pa je i smanjena sumnja na trulež korijena.

Park-šuma Tuškanac smještena je u centralnom dijelu grada Zagreba, u blizini većih prometnica, te je presječena brojnim pješačkim stazama što se reflektira na životne uvjete za razvoj korijena stabala hrasta kitnjaka.

Tablica 9. Greške korijena kod stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Tuškanac

		H. kitnjak - 2013. (N=41)	**H. kitnjak - 2018. (N=40)**	**Razlike**
		%	**%**	**%**
Sumnja na trulež korijena	ne (0)	85,4	77,5	+7,9
	da (1)	14,6	22,5	
Žilište i pridanak ozlijeđeni	ne (0)	82,9	77,5	+5,4
	da (1)	17,1	22,5	
Izloženo korijenje	malo (1)	17,1	15	-2,1
	srednje (2)	-	-	-
	jako (3)	-	-	-
Potkopan korijen	malo (1)	19,5	20	+0,5
	srednje (2)	7,3	5	-2,3
	jako (3)	-	-	-
Ograničena površina korijena	malo (1)	34,1	40	+5,9
	srednje (2)	31,7	30	-1,7
	jako (3)	2,4	2,5	+0,1
Potencijal za lom korijena	mali (1)	4,9	12,5	+7,6
	srednje (2)	-	-	-
	veliki (3)	-	-	-

Životni uvjeti za stabla u ovoj park-šumi su nepovoljni, što se očituje prvenstveno kroz loše uvjete u tlu za razvoj korijena: 68,2 % stabala ima ograničen prostor za razvoj korijena, 17,1% ima izloženo korijenje te se kod 65% stabala javlja potkopan korijen. Usporedbom rezultata iz 2013. i 2018. godine vidljivo je kako se povećao postotak sumnje za trulež (7,9%), ozlijeda na žilištu i pridanku (5,4%) te potencijala za lom korijena na 7,6% prosuđivanih stabala.

U odnosu na stanje zabilježeno 2013 godine došlo je do povećanja potencijala za lom za 7,6% te većeg broja ozljeda na žilištu (5,4%) te je narasla sumnja na trulež korijena za 7,9%

Park-šuma Zelengaj nadovezuje se na Tuškanac te su i stanišne prilike na te dvije lokacije slične.

Tablica 10. Greške korijena kod stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Zelengaj

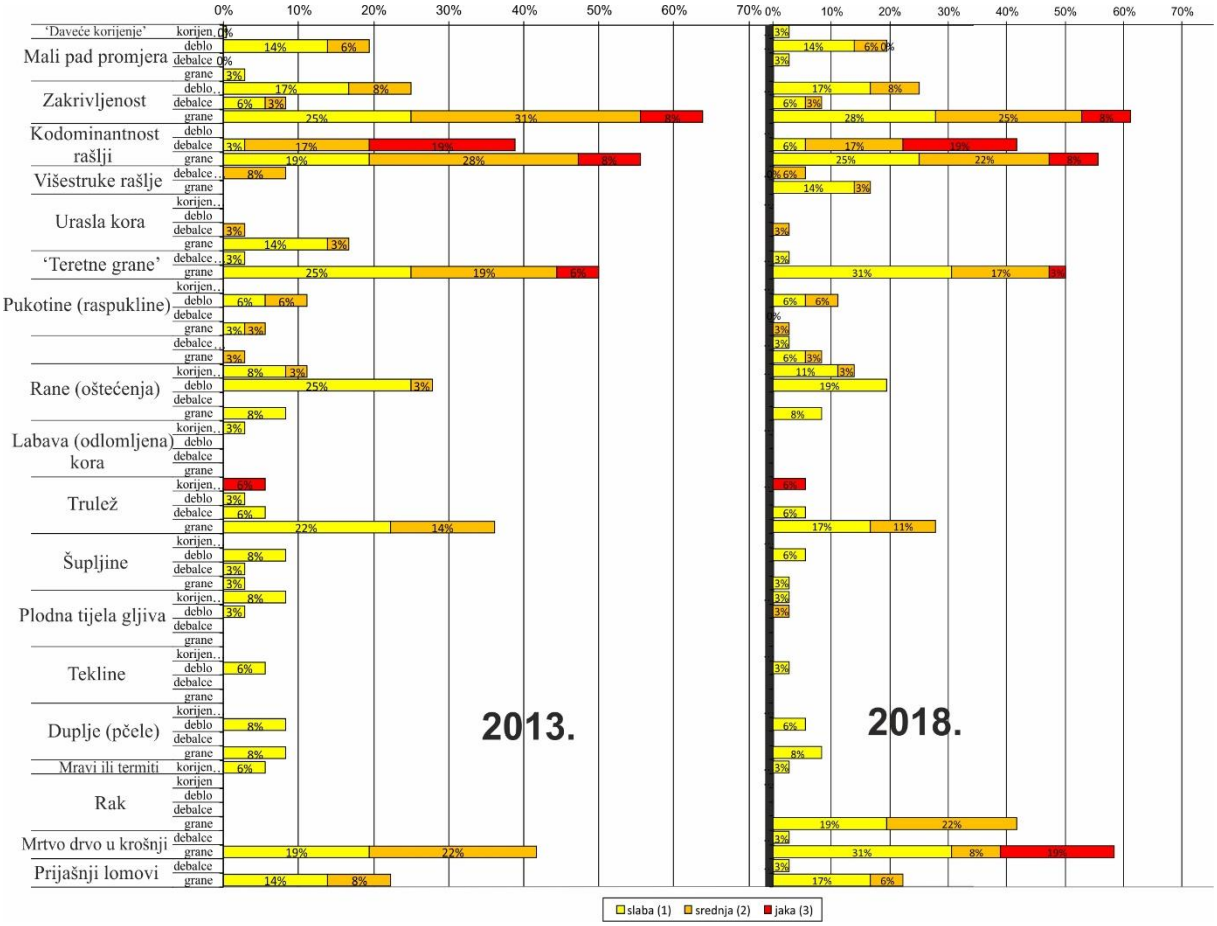
		H. kitnjak -2013. (N=56)	H. kitnjak-2018. (N=49)	Razlike
		%	%	%
Sumnja na trulež korijena	ne (0)	69,6	75,5	-4,9
	da (1)	30,4	25,5	
Plodišta truležnica	ne (0)	87,5	95,9	-9,4
	da (1)	12,5	4,1	
Žilište i pridanak ozlijeđeni	ne (0)	73,2	63,3	+9,9
	da (1)	26,8	36,7	
Korijen slomljen	ne (0)	98,2	-	-1,8
	da (1)	1,8	-	
Izloženo korijenje	malo (1)	14,3	12,2	-2,1
	srednje (2)	-	-	-
	jako (3)	-	-	-
Potkopan korijen	malo (1)	17,9	16,3	-1,6
	srednje (2)	1,8	-	1,8
	jako (3)	17,9	2	-15,9
Ograničena površina korijena	malo (1)	35,7	40,8	+5,1
	srednje (2)	10,7	6,1	-4,6
	jako (3)	-	-	-
Potencijal za lom korijena	mali (1)	17,9	12,2	-5,7
	srednje (2)	3,6	2	-1,6
	veliki (3)	1,8	-	-

Kod stabala hrasta kitnjaka u park-šumi Zelengaj evidentirano je 18,3% stabla koja imaju potkopano korijenje, što može utjecati na smanjenje stabilnosti i povećanu mogućnost pojave truleži. Od ostalih značajnijih simptoma i grešaka, na korijenu ističe se veliki udio stabala sa ograničenom površinom za razvoj korijena (46,9%), te oštećenja na žilištu i pridanaku kod 36,7% stabala.

U odnosu na stanje zabilježeno 2013. godine uočene su razlike u oštećenju žilišta i pridanka čije prisustvo je povećano za 9,9%. Kod sumnje na trulež korijena i prisutnosti plodnih tijela gljiva uočeno je smanjenje tih simptoma, u prosudbi u 2018. godini u odnosu na prethodno stanje za 4,9% i 9,4%.

4.1.2. Greške krošnje

Greške krošnje u park-šumi Granešina prosuđivali smo za vrijeme zime, u studenom 2017. godine.

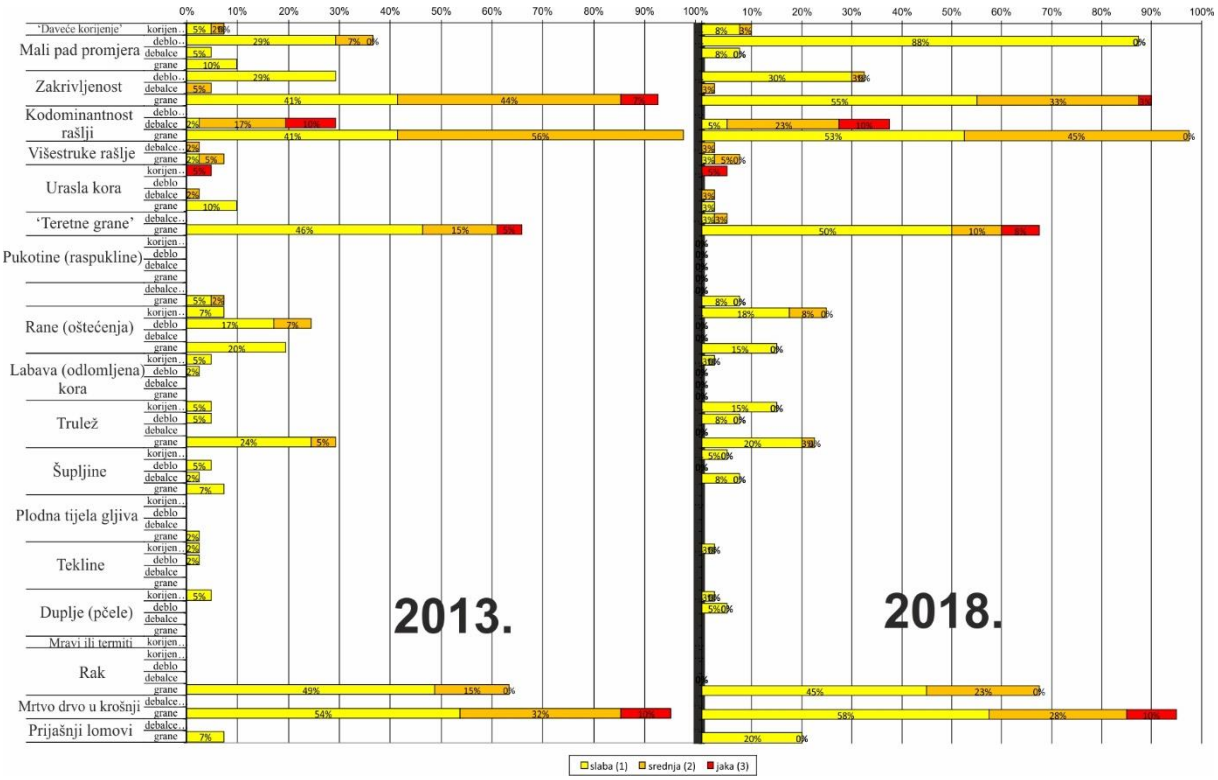


Slika 7. Greške krošnje kod stabala hrasta kitnjaka u Granešini

U park-šumi Granešina od grešaka u krošnji najizraženija je zakrivljenost grana (61%), kodominantnost rašlji debalca i grana (42% i 55%), teretne grane u krošnji (51%) koje mogu predstavljati opasnost za lom te u manjoj mjeri trulež (38%) i mrtvo drvo u krošnji (58%).

Usporedbom rezultata dvije prosudbe uvidjeli smo promjene u povećanom postotku odumrlih grana u krošnji. U rezultatima prosudbe 2013. godine nije bilo stabala s najvećom ocjenom izraženosti prisutnosti mrtvog drva u krošnji, koja je označena ocjenom 3, dok je u 2018. bilo procjenjeno da se 19% stabala nalazi u toj kategoriji.

Greške krošnje u park-šumi Tuškanac prosuđivali smo u više navrata, tijekom mirovanja vegetacije, u siječnju 2018. godine, kad smo određene simptome krošnje mogli vidjeti jasnije, te u srpnju iste godine.

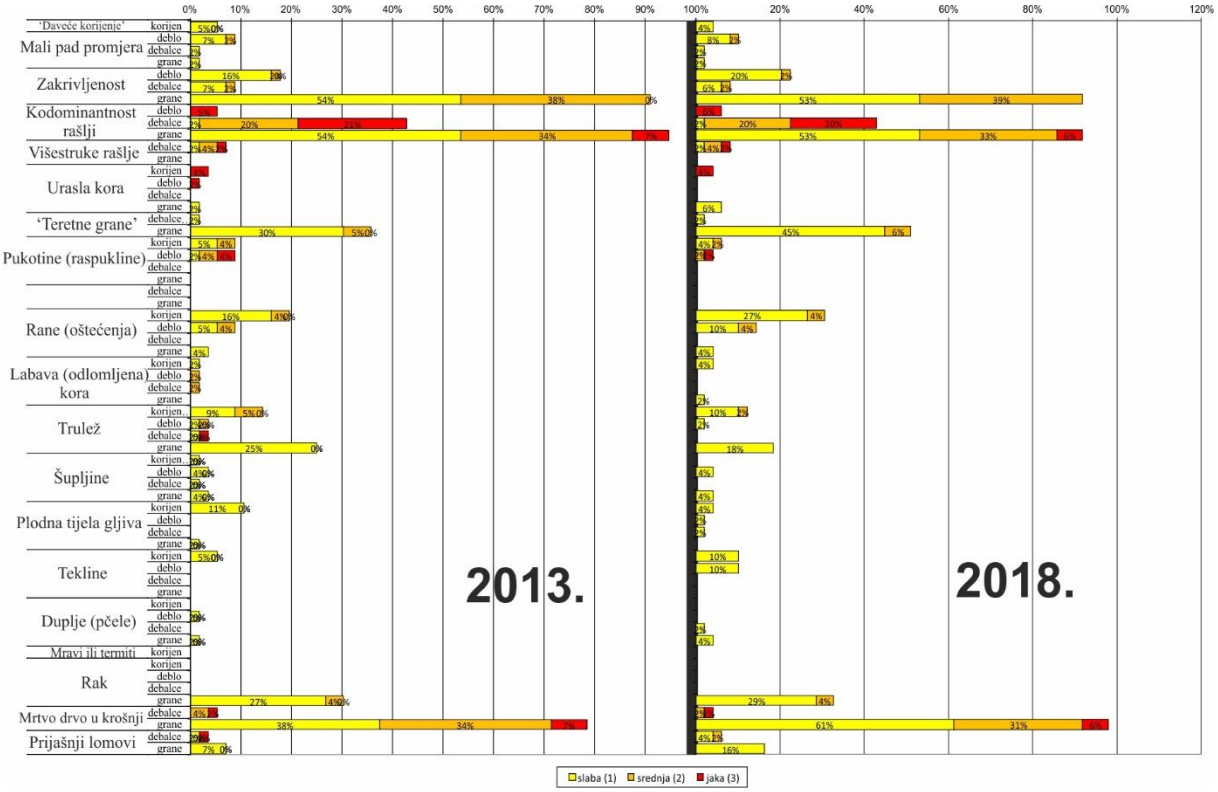


Slika 8. Greške krošnje kod stabala hrasta kitnjaka u Tuškancu

Od grešaka krošnje u park-šumi Tuškanac najizraženije su zakrivljenost grana (90%), kodominantnost rašlji u krošnji (98%) te mrtvo drvo u krošnji (96%). Mrtvo drvo u kršnji koje se pojavljuje kod svih stabala promatranog uzorka, s velikim postotkom u drugoj i trećoj kategoriji (28% i 10%). Teretne grane i pojava raka u krošnji je također prisutna u većoj mjeri.

Između prosudbe 2013. i 2018. godine nisu utvrđene bitne razlike u kategorijama grešaka krošnje, osim u broju prijašnjih lomova koji je narastao s 7% na 22%.

Greške krošnje u park-šumi Zelengaj prosuđivali smo u srpnju 2018. godine.



Slika 9. Greške krošnje kod stabala hrasta kitnjaka u Zelengaju

Najčešće greške krošnje u park-šumi Zelengaj su bile kodominantnost rašlji u krošnji (89%) i zakrivljenost grana (92%). Također u 98% slučajeva prosudili smo da stabla imaju grešku mrtvo drvo u krošnji. Kod najviše stabala (61%) ta greške je izražena su slaboj mjeri, što je zabilježeno u kategoriji 1, dok u kategoriji 2 i 3, koje predstavljaju veću prisurnost mrtvog drva, prosuđeno je 37% stabala od ukupnog uzorka.

Usporedbom rezultata u odnosu na prosudbu iz 2013. godine vidljiv je porast postotka stabala s mrtvim drvom u krošnji za 24%, te povećanje postotka učešća stabla s teretnim granama za 16%.

4.1.2. Ocjena opasnosti

Ocjena opasnosti stabla predstavlja zbroj ocjena dijela stabla najvjerovatnijeg za lom, veličinu tog dijela, potencijal za lom i ocjene korištenja prostora. Konačne ocjene su u rasponu od 0-12 te su svrstane u kategorije od 1-5, gdje kategorija 1 predstavlja najmanje opasna stabla dok su u kategoriji 5 izrazito opasna stabla s najlošijim ocjenama prethodno navedenih kategorija.

Tablica 11. Ocjena opasnosti stabala hrasta kitnjaka u park šumi Granešina

Klasa HR	**HR**	**H. kitnjak - 2013. (N=36)**	**H. kitnjak - 2018. (N=32)**	**Razlika + -**
		%	**%**	**%**
5	<3	11.1	11.1	0
4	3	8.3	11.1	+ 2,8
3	4–6	38.9	44.5	+ 5,6
2	7–9	30.6	22.2	- 8,4
1	10-12	11.1	11.1	0

U park-šumi Granešina stabla iz najbolje i najgore klase izostaju, dok se većina nalazi u srednjoj klasi HR ocjene opasnosti stabla 3. Najveće pozitivne promjene vidljive su u klasi HR ocjene opasnosti stabla 2, što ukazuje na to da se smanjila ocjena opasnosti kod stabala s najlošijim ocjenama (od 7-9) za čak 8,4 %.

Tablica 12. Ocjena opasnosti stabala hrasta kitnjaka u park šumi Tuškanac

Klasa HR	**HR**	**H. kitnjak - 2013. (N=41)**	**H. kitnjak - 2018. (N=40)**	**Razlika + -**
		%	**%**	**%**
5	<3	0	2.5	+2.5
4	3	0	0	0
3	4–6	31.7	42.5	+10.8
2	7–9	56.1	52.5	-3.6
1	10-12	12.2	2.5	-9.7

U park-šumi Tuškanac najviše stabala nalazi se u klasi HR 2 (52,5%). U klasi 3 došlo je do povećanja od 10,8% u odnosu na prethodnu prosudbu. Vidljive su i pozitivne promjene koje se očituju u smanjenju broja stabla koji se nalaze u klasi HR 1 za 9,7% i povećanje stabala u klasi HR 5 (koja predstavlja stabla koja nisu opasna) za 2,5%

Tablica 13. Ocjena opasnosti stabala hrasta kitnjaka u park šumi Zelengaj

Klasa HR	HR	H. kitnjak - 2013. (N=56)	H. kitnjak- 2018. (N=49)	Razlika + -
		%	%	%
5	<3	0	2	+2
4	3	10.7	12.2	+1.5
3	4–6	41	59.1	+18.1
2	7–9	46.4	22.4	-24
1	10-12	1.8	2	+0.2

U park-šumi Zelengaj se nalazio mali je postotak stabala u klasi HR 1. U višoj klasi HR ocjene opasnosti stabla 2, nalazi se najveći broj stabala i u toj klasi vidljive su i najveće promjene u odnosu na mjerenja iz 2013. godine (smanjenje od 24%). Povećanje postotka stabala u klasi HR 3 ističe se postotkom od 18,1 %.

U odnosu na početni uzorak koji je iznosio je 133 stabla utvrdili smo promjene u broju stabala. Pronalaskom panjeva i analizom okolnog staništa pronašli smo podatke o stablima koja su prije pet godina bila na toj lokaciji, ali su posječena ili su stradala od vjetroizvale. Uzorak iz 2018. u odnosu na onaj iz 2013. godine manji je za 12 stabala.

Tablica 14. Smanjenje broja stabla hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba uslijed sječe i vjetroizvala

Lokacija	H. kitnjak – N 2013.	H. kitnjak – N 2013.	Razlika + -	Vjetroizvala	Posječeno
Granešina	36	32	-4	1	3
Tuškanac	41	40	-1	0	1
Zelengaj	56	49	-7	2	5
UKUPNO	133	121	-12	3	9

Na tri lokacije park-šuma na području grada Zagreba, iz ukupnog početno određenog uzorka stabala, jedan dio stabala (9 stabala) je vjerojatno posječen zbog lošeg općeg stanja i opasnosti koju su predstavljali za okolinu. Uz to 3 stabala je nastradalo od vjetroizvale.

4.1.2.1. Usporedba ocjena opasnosti u odnosu na prethodnu prosudbu

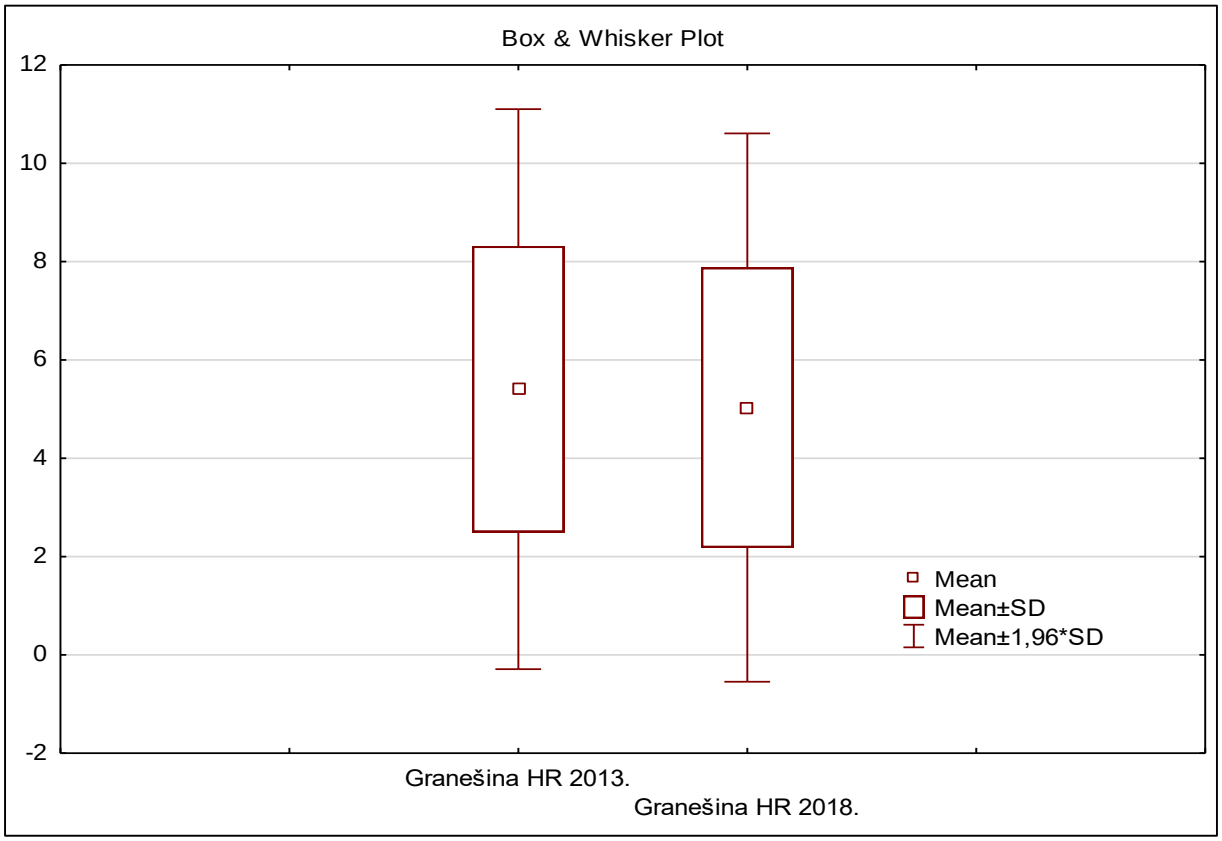
Kako bi utvrdili da li su ocjene opasnosti stabla HR dobivene nakon EHT prosudbe iz 2018. godine statistički značajne različite od onih iz 2013. koristili smo Wilcoxon test. To je neparametrijska statistička metoda usporedbe parova koja omogućuje brzu informaciju o opravdanosti razlike između nezavisnih parova relativno visoke točnosti. Stabla koja su posječena ili su stradala uslijed vjetorizvala ne nalaze se u uzorku koji je testiran, a test je

prikladan za naša mjerenja jer vodi računa i o diferenci između parova koristeći relativne veličine diferenci (Vasilj, 1972).

Tablica 15. Wilcoxon test usporedbe parova ocjene opasnosti HR za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Granešina

Parovi varijabli	N	T	z	p - vrijednost
Granešina HR 2013. & Granešina HR 2018.	4	0,00	1,825742	0,067890

Na lokaciji park-šume Ganešina Wilcoxon test parova ocjene HR opasnosti stabala nije pokazao statistički značajnu razliku (p=0,06789) u odnosu na prethodno zabilježeno stanje ocjena opasnosti HR. Od ukupno 32 stabala koja su bila uzorku, samo 4 je pokazalo razlike u ocjenama HR u odnosu na prosudbu prije 5 godina.



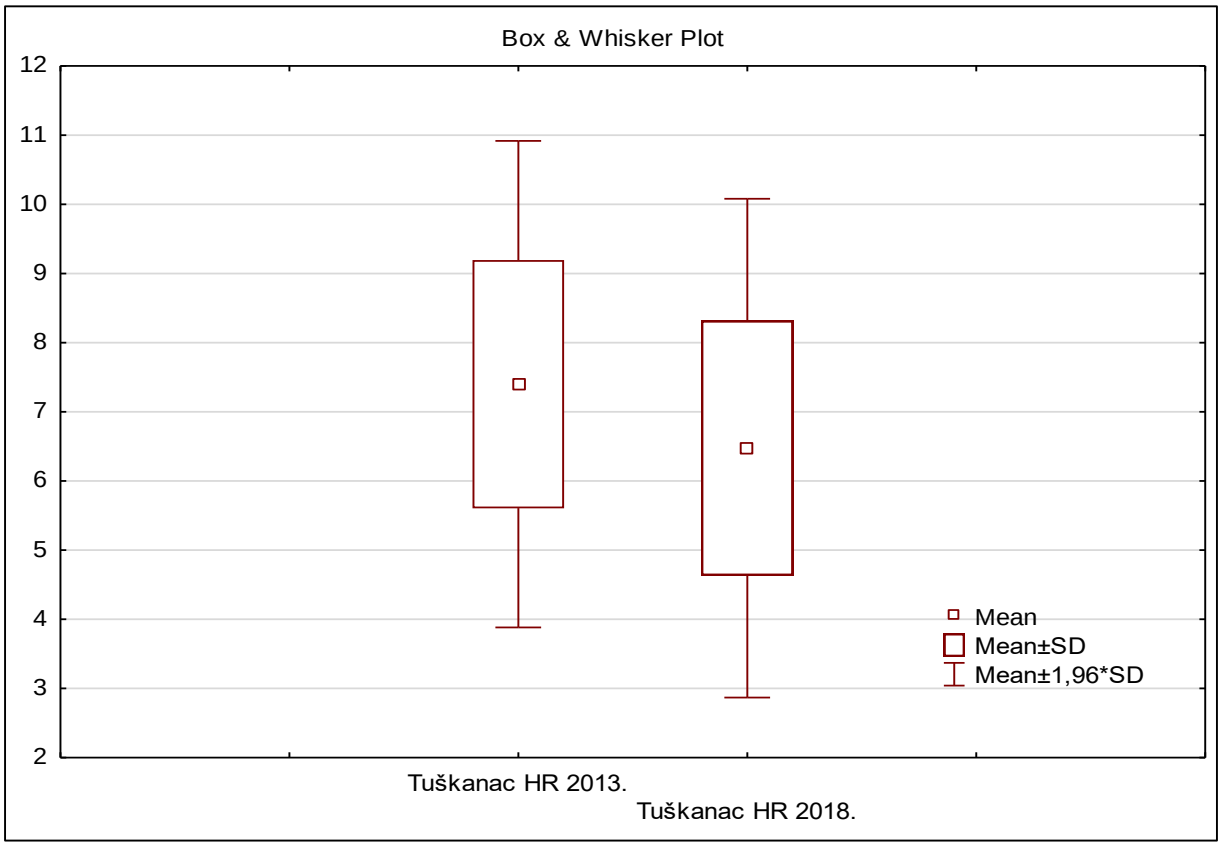
Slika 10. 95 % interval pouzdanosti za usporedbu ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Granešina

Usporedbom ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine vidljiv je trend pada ocjena, što ukazuje na pozitivnu promjenu stanja opasnosti sastojine u park-šumi Granešina. Prosječne vrijednosti ocjene HR opasnosti stabla smanjile su se s prosječene ocjene 5,7 na 5.

Tablica 16. Wilcoxon test usporedbe parova ocjene opasnosti HR za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Tuškanac

Parovi varijabli	N	T	z	p - vrijednost
Tuškanac HR 2013. & Tuškanac HR 2018.	25	16,00	3,941863	0,000081

Na lokaciji park-šume Tuškanac, pad klasi HR ocjena opasnosti je izraženiji i pokazuje statistički značajnu razliku ($p \leq 0,05$) u odnosu rezultata iz 2013. godine i sadašnjeg stanja. Od ukupno 40 stabala, 25 je pokazalo promjene u ocjenama kategorijama opasnosti.



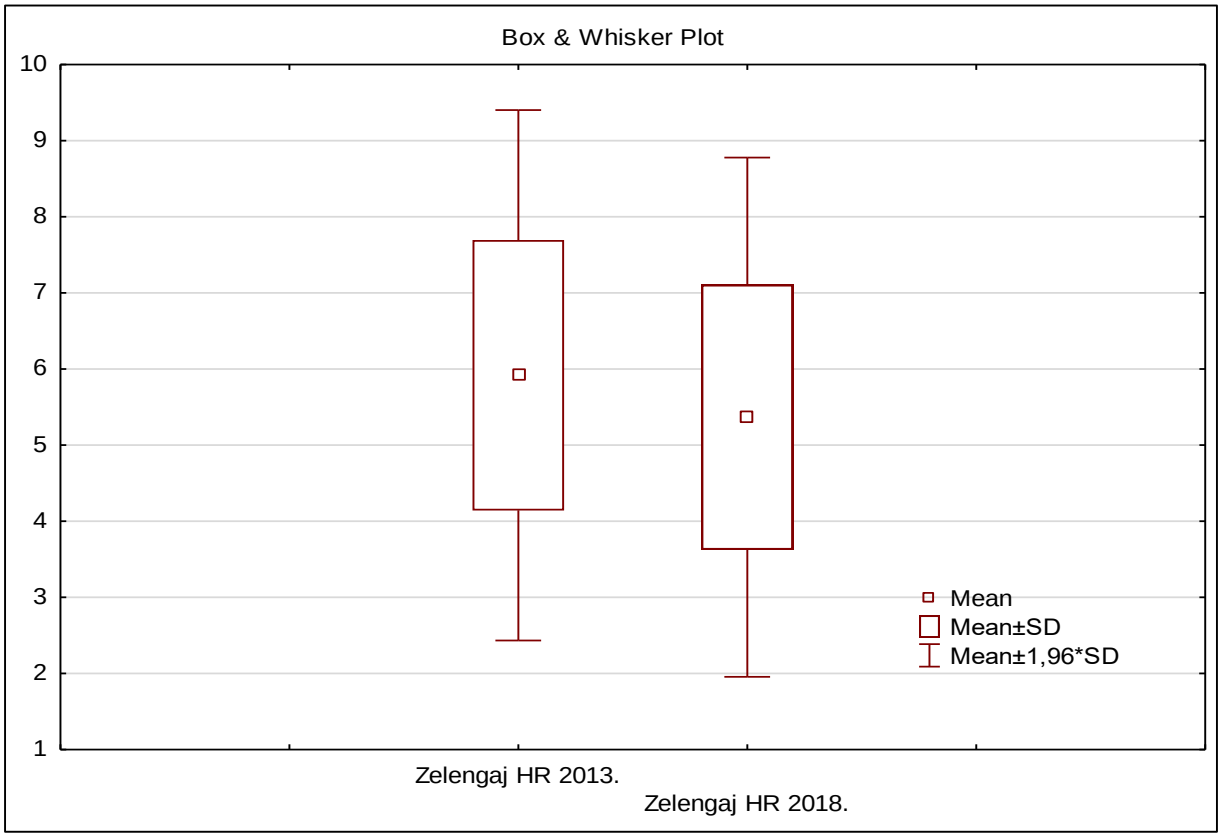
Slika 11. 95 % interval pouzdanosti za usporedbu ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Tuškanac

Iz prikaza statističke obrade ocjena opasnosti HR vidi se pad prosječne ocjene s 7 na 6,5 i time su iskazane pozitivne promjene u park-šumi Tuškanac u odnosu na rezlutate prethodne analize 2013. godine.

Tablica 17. Wilcoxon test usporedbe parova ocjene opasnosti HR za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Zelengaj

Parovi varijabli	N	T	z	p - vrijednost
Zelengaj HR 2013. & Zelengaj HR 2018.	30	93,500	2,858999	0,004250

Wilcoxon test parova ocjene HR opasnosti stabala pokazao je statistički značajnu razliku na lokaciji park-šume Zelengaj. Na ovoj lokaciji 30 stabala, od ukupno 49, je pokazalo razlike. Rezultati su pokazali statistički značajnu razliku (p=0,0042)



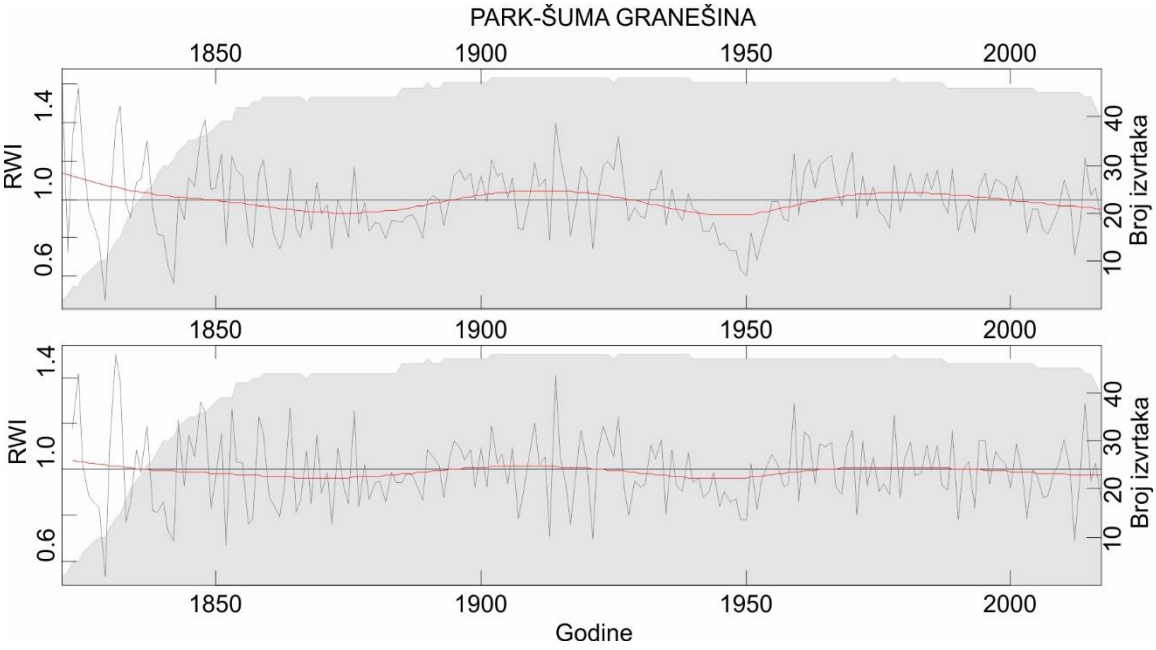
Slika 12. 95 % interval pouzdanosti za usporedbu ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine za stabla hrasta kitnjaka na lokaciji Zelengaj

Rezultati ocjena opasnosti HR iz 2013. i 2018. godine pokazuju vidljiv trend pada ocjena te ukupnu pozitivnu promjenu u stanju sastojine u park-šumi Zelengaj. Prosječne vrijednosti ukupne HR ocjene opasnosti smanjila se s prosječne ocjene 6 na ocjenu 5.

4.2. Dendroekološko istraživanje rasta urbanih stabala hrasta kitnjaka

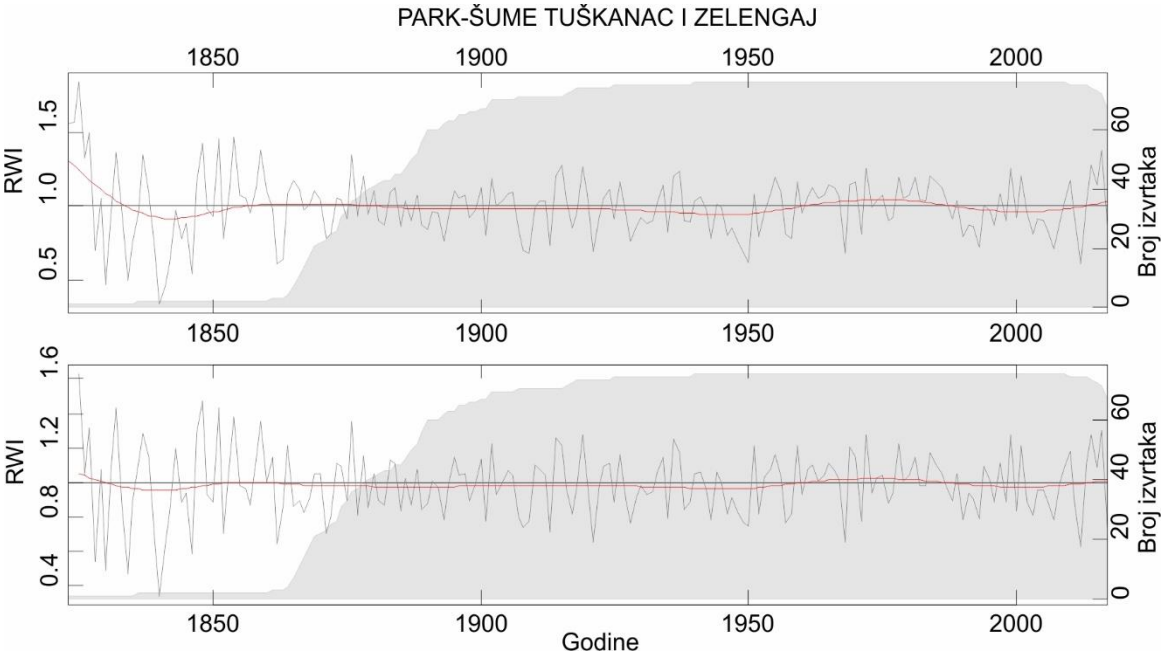
4.2.1. Osnovni podaci o izvrtcima i kronologiji

Standardizacija uzoraka provedena je pomoću fleksibilne krivulje (*spline*), odziva frekvencije 0.50 na 67% duljine izvrtka, upotrebom paketa *dplR* u software-u RStudio (Bunn, 2008). Koristi se kako bi se uklonile varijabilnosti niske frekvencije (*low frequency variability*) koje nastaju kao posljedica utjecaja opadanja biološkog potencijala i nepoželjnih okolišnih čimbenika. Krivulja se uklapa u jedinstvenu indeksnu standardnu kronologiju (*TRI - Tree ring index*). Standardna kronologija se koristila za za daljnju dendroekološku analizu tj. za analizu utjecaja klimatskih čimbenika na rast hrasta kitnjaka u urbanim sredinama.



Slika 13. Standardna i rezidualna indeksna kronologija za park-šumu Granešina

Za park šumu Granešina je napravljena posebna standardne i rezidualne indeksne kronologija jer prema rezultatima očitnja izvrtaka je starost stabala viša od park-šumu Tuškanac i Zelengaj. Indeksne kronologije su napravljene iz 52 izvrtka. Najstarije očitano stablo hrasta kitnjaka u park-šumi Granešina ima 197 godina, a ukupno je bilo 7 stabala koja su starija od 190 godina.



Slika 14. Standardna i rezidualna indeksna kronologija za park-šum Tuškanac i Zelengaj

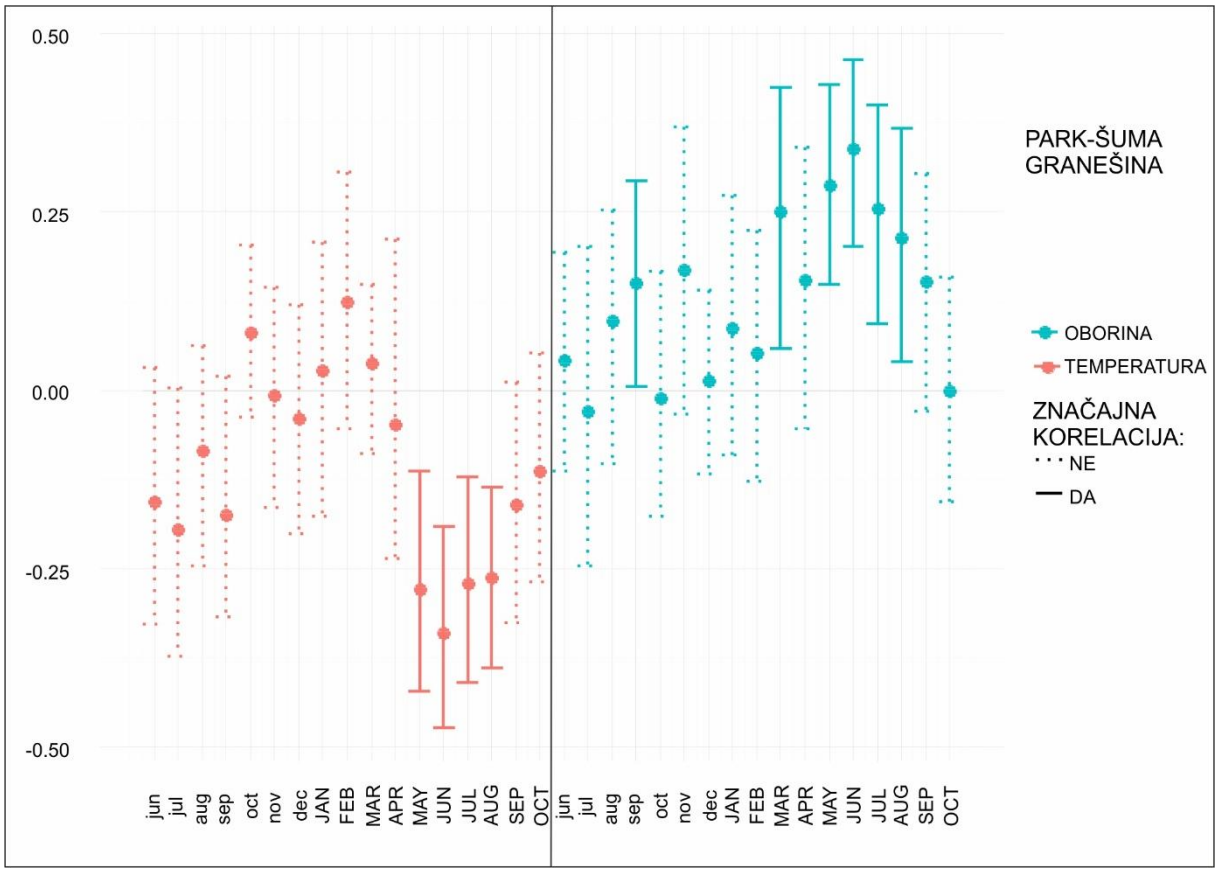
Prilikom izrade standardne i rezidualne indeksne kronologije za park-šumu Tuškanac i Zelengaj, serije godova spojili uzorke smo u jednu kronologiju zbog sličnih uvjeta razvoja i slične starosti istraživanih stabala. Na lokacijama Tuškanac i Zelengaj za izradu indeksnih kronologija uzeto je 79 izvrtaka. Najstarije stablo u Tuškancu je imao 195 godina, dok su ostala bila mlađa, a na lokaciji Zelengaj najstarije stablo je imalo 156 godina.

4.2.2 Utjecaj klime na rast urbanih stabala hrasta kitnjaka

Pomoću paketa *treeclim* (Zang i Biondi, 2014) u software-u RStudio izračunata je mjesečna i sezonska (za dva, tri, četiri i šest mjeseci) korelacija između klimatskih čimbenika: prosječne mjesečne temperature zraka i oborine sa rastom stabla za metrorološku postaju Zagreb.

4.2.2.1. Utjecaj mjesečnih temperatura zraka i oborina na rast stabala

Korelacija između standardne indeksne kronologije (*TRWI – Tree Ring Width Index*) i klimatskih čimbenika – temperature zraka i oborina izračunat je za razdoblje od 1902. do 2016. godine od lipnja prethodne godine (jun) do listopada tekuće godine (OCT) na lokaciji park-šume Granešina.

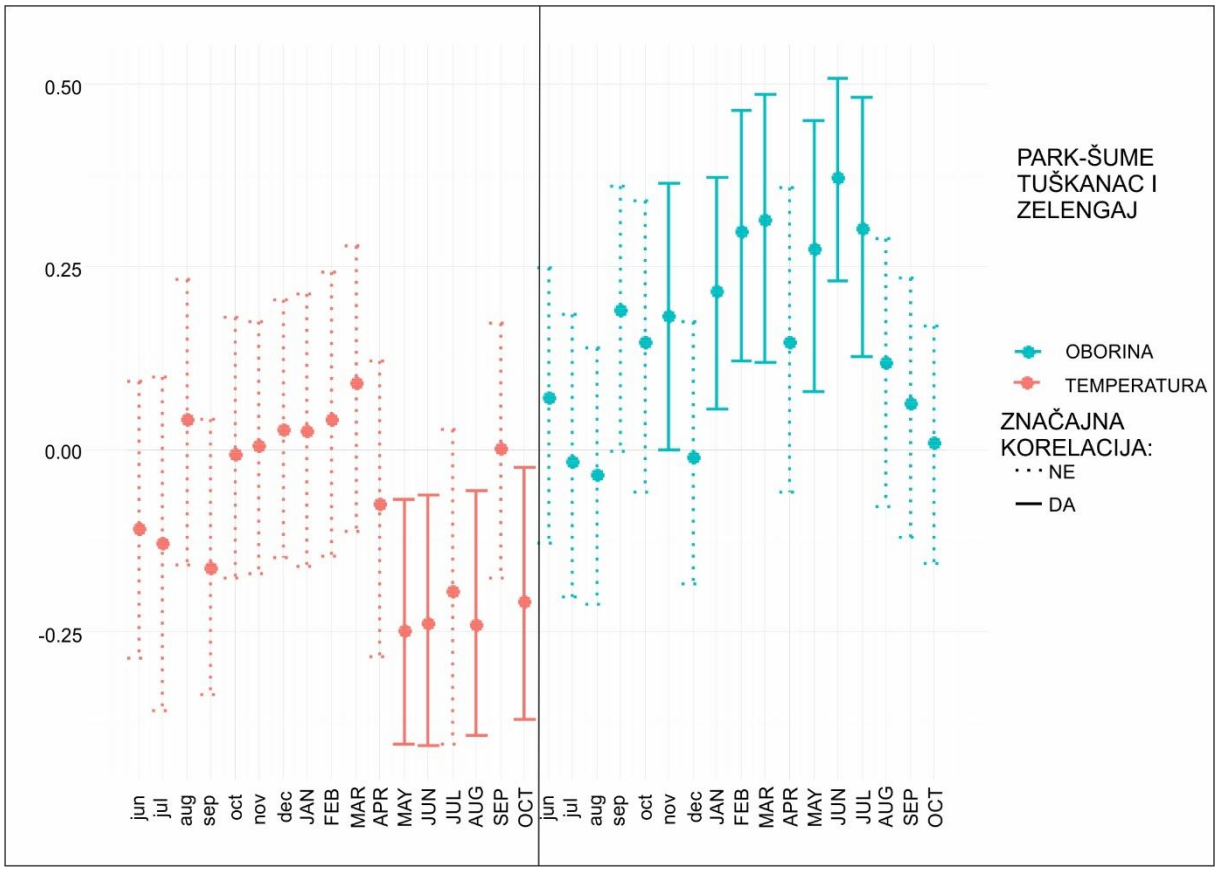


Slika 15. Utjecaj mjesečnih temperatura i oborina na rast stabala u park-šumi Granešina

U park-šumi Granešina oborine pozitivno utječu na rast stabala hrasta kitnaka. Ostvarena je značajno pozitivna korelaciju rasta stabala s količinom oborina u rujnu prethodne godine (r=0,155) te ožujku (r=0,254), svibnju (r=0,285), lipnju (r=0,335), srpnju (r=0,248) i kolovozu tekuće godine (r=0,210).

Temperature zraka negativno utječu na na debljinski prirast stabala hrasta na području park-šume Granešina. Negativana korelacija je značajna u svibnju (r=-0,273), lipnju (r=-0,338), srpnju (r=-0,268) i kolovozu tekuće godine (r=-0,261).

Ostali mjeseci, prethodne i tekuće godine, nisu se pokazali statistički značajni utjecaj na formiranje širine godova.



Slika 16. Utjecaj mjesečnih temperatura i oborina na rast stabala u park-šumama Tuškanac i Zelengaj

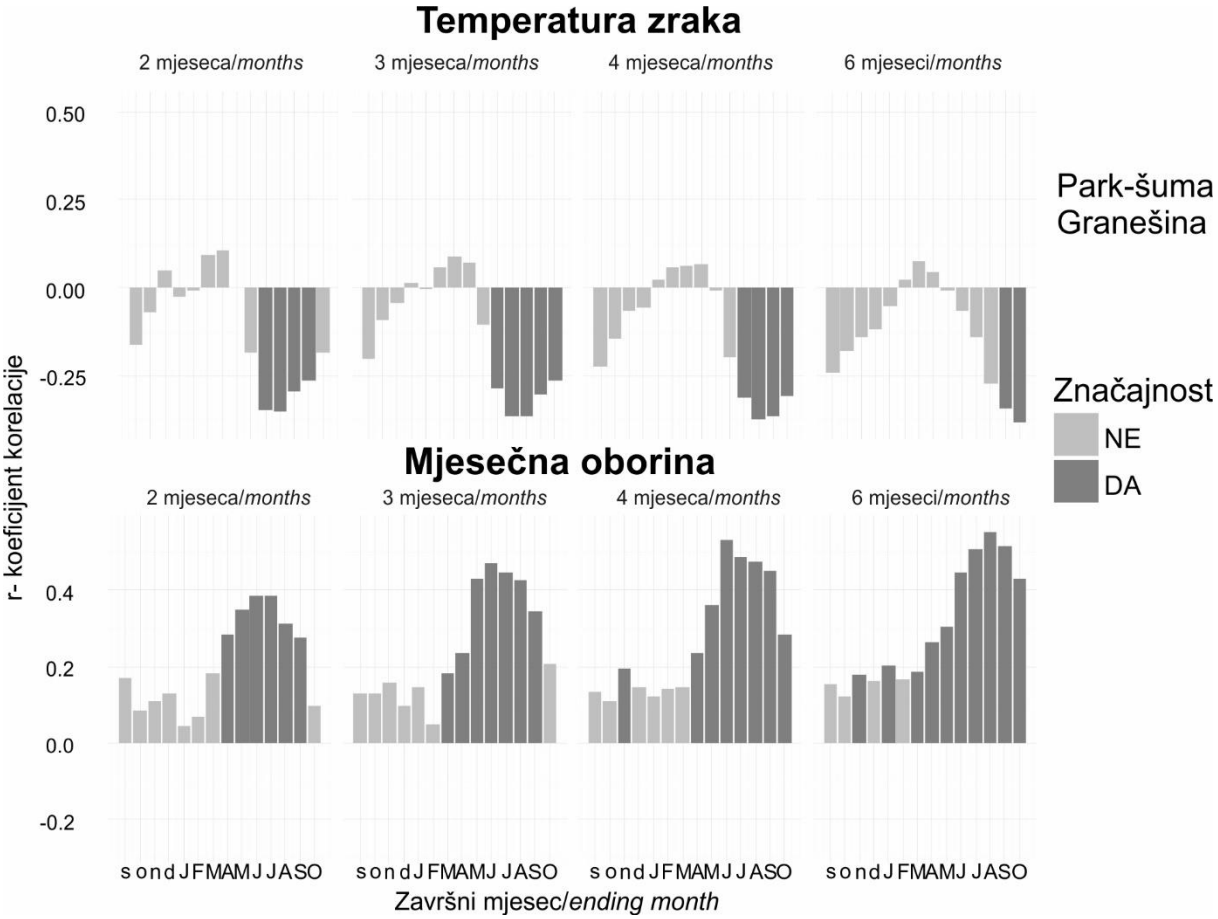
Rezultati utjecaja mjesečnih vrijednosti oborine na rast stabala pokazuju značajnu pozitivnu korelaciju u rujnu prethodne godine (r=0,198) te u siječnju (r=0,214), veljači (r=0,304), ožujku (r=0,323), svibnju (r=0,272), lipnju (r=0,373) te srpnju (r=0,306) tekuće godine.

Temperure zraka pokazuju značajnu negativnu korelaciju s rastom stabla u tekućoj godini u mjesecima: svibnju (r=-0,246), lipnju (r=-0,235), kolovozu (r=-0,241) i listopadu (r=-0,207).

4.2.2.2. Sezonske korelacije temperature zraka i oborina na rast stabala

Sezonska (parcijalna) korelacija (*seasonal partial correlation analysis*) izračunata je koristeći naredbu *seascorr* unutar paketa *treeclim* (Zang i Biondi, 2014) u software-u RStudio između standardne indeksne kronologije za lokacije Granešina te Tuškanac i Zelengaj i klimatskih čimbenika (temperatura zraka i mjesečne količine oborina) za svaki mjesec posebno, s kroz dva, tri, četiri ili šest mjeseci.Sezonska parcijalan korelacija koristi se iz razloga što se klimatski utjecaji često ne mogu ograničiti na samo jedan mjesec, već npr. povećana količina oborina u rujnu ima utjecaj na rast stabla i u listopadu i studenom. U grafičkim prikazima se

nalaze rezultati za primarne varijable koje su ispitivane (temperatura zraka i mjesečne količine oborina).



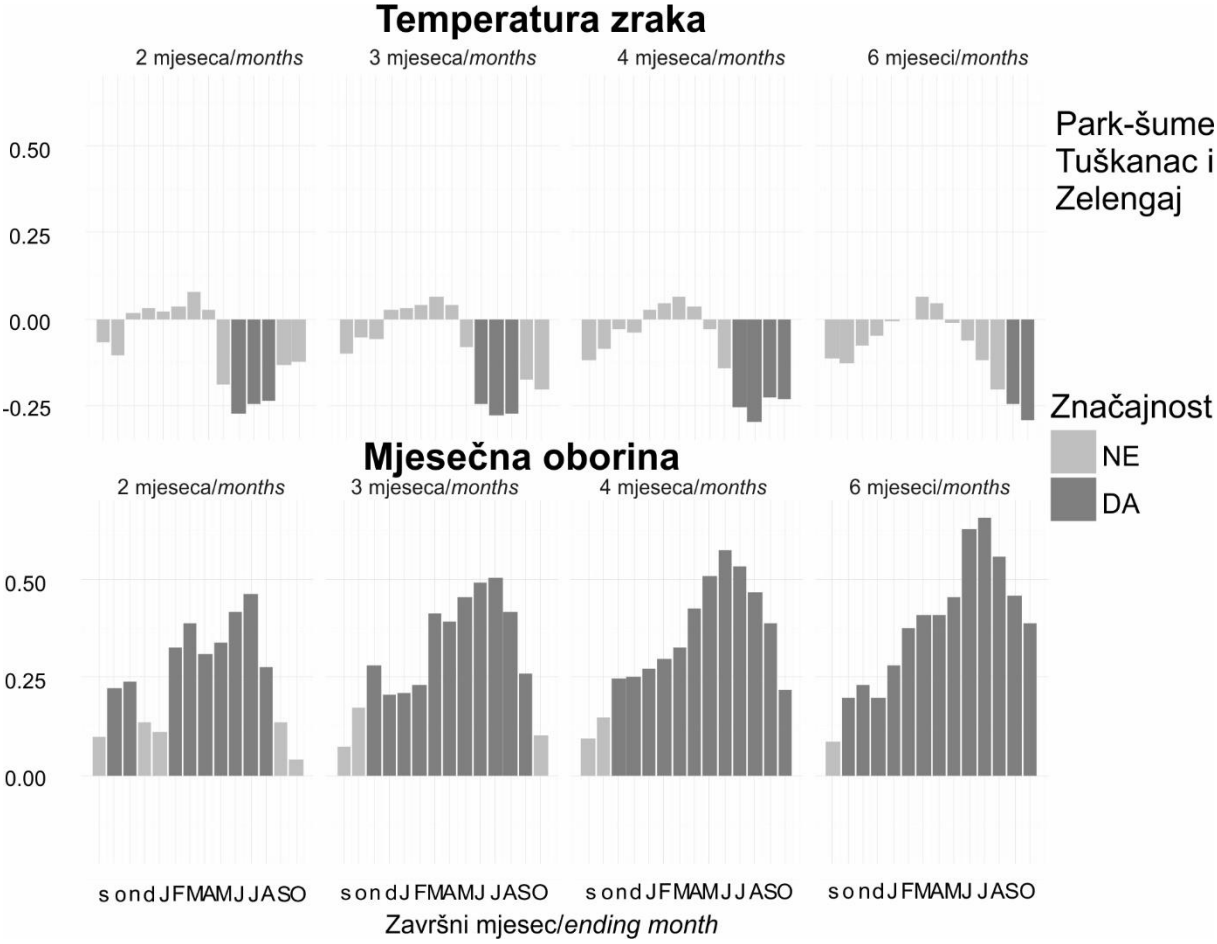
Slika 17. Sezonske (parcijalne) korelacije temperature zraka i oborina na rast stabala u park-šumi Granešina.

Rezultati sezonske (parcijalne) korelacije temperature zraka na rast stabala u park-šumi Granešina pokazuju statistički značajna negativnu korelaciju prosječne temperature zraka i indeksne kronologije:

- ⇒ za sezone duljine 2 mjeseca: u lipnju (r=-0,347) , srpnju (r=-0,351) i kolovozu (r=-0,295) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 3 mjeseca: u lipnju (r=-0,285) , srpnju (r=-0,364), kolovozu (r=-0,363) i rujnu (r=-0,304) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 4 mjeseca: u srpnju (r=-0,313), kolovozu (-0,374), rujnu (r=-0,367) i listopadu (r=-0,308) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 6 mjeseca: u rujnu (r=-0,343) i listopadu (r=-0,384) tekuće godine

Sezonske (parcijalne) korelacije mjesečne količine oborina i rasta stabala u park-šumi Granešina pokazuju statistički značajno pozitivnu korelaciju mjesečne količine oborina i indeksne kronologije:

- ⇒ za sezone duljine 2 mjeseca: u ožujku (r=0,181), travnju (r=0,284) svibnju (r=0,349), lipnju (r=0,387) , srpnju (r=0,388), kolovozu (r=0,313) i rujnu (r=0,278) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 3 mjeseca: u ožujku (r=0,182), travnju (r=0,284) svibnju (r=0,431), lipnju (r=0,469) , srpnju (r=0,446), kolovozu (r=0,426), rujnu (r=0,346) i listopadu (r=0,208) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 4 mjeseca: u svibnju (r=0,363), lipnju (r=0,532) , srpnju (r=0,487), kolovozu (r=0,474), rujnu (r=0,45) i listopadu (r=0,286) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 6 mjeseci: u studenom prethodne godine (r=0,177) te siječnju (r=0,203), ožujku (r=0,186), travnju (r=0,263) svibnju (r=0,307), lipnju (r=0,447) , srpnju (r=0,508), kolovozu (r=0,554), rujnu (r=0,515) i listopadu (r=0,431) tekuće godine



Slika 18. Sezonske (parcijalne) korelacije temperature zraka i oborina u park-šumama Tuškanac i Zelengaj

Rezultati sezonske (parcijalne) korelacije temperature zraka na rast stabala u park-šumama Tuškanac i Zelengaj pokazuju statistički značajna negativnu korelaciju prosječne temperature zraka i indeksne kronologije:

- ⇒ za sezone duljine 2 mjeseca: u lipnju (r=-0,288) , srpnju (r=-0,245) i kolovozu (r=-0,239) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 3 mjeseca: u lipnju (r=-0,246) , srpnju (r=-0,281) i kolovozu (r=-0,277) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 4 mjeseca: u srpnju (r=-0,256) , kolovozu (r=-0,3), rujnu (-0,226), i listopadu (r=-0,232) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 6 mjeseca: u rujnu (r=-0,245) i listopadu (r=-0,296) tekuće godine

Sezonske (parcijalne) korelacije mjesečne količine oborina i rasta stabala park-šumama Tuškanac i Zelengaj pokazuju statistički značajno pozitivnu korelaciju mjesečne količine oborina i indeksne kronologije:

- ⇒ za sezone duljine 2 mjeseca: u listopadu (r=0,221) i studenom prethodne godine (r=0,238) te veljači (r=0,326), ožujku (r=0,39), travnju (r=0,309) svibnju (r=0,34), lipnju (r=0,418) , srpnju (r=0,462) i kolovozu (r=0,277) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 3 mjeseca: u studenom (r=0,279) i prosincu (r=0,206) prethodne godine te siječnju (r=0,21), veljači (r=0,232), ožujku (r=0,415), travnju (r=0,391) svibnju (r=0,454), lipnju (r=0,491), srpnju (r=0,505), kolovozu (r=0,416) i rujnu (r=0,261) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 4 mjeseca: u studenom (r=0,248) i prosincu (r=0,252) prethodne godine te siječnju (r=0,272), veljači (r=0,299), ožujku (r=0,326), travnju (r=0,427) svibnju (r=0,507), lipnju (r=0,577), srpnju (r=0,536), kolovozu (r=0,465), rujnu (r=0,388) i listopadu (r=0,4218) tekuće godine
- ⇒ za sezone duljine 6 mjeseci: u listopadu (r=0,197), studenom (r=0,231) i prosincu (r=0,197) prethodne godine te siječnju (r=0,231), veljači (r=0,387), ožujku (r=0,410), travnju (r=0,410) svibnju (r=0,456), lipnju (r=0,629), srpnju (r=0,660), kolovozu (r=0,559), rujnu (r=0,460) i listopadu (r=0,387) tekuće godine

5. RASPRAVA

Prilikom interpretacije rezultata vizualne prosudbe, važno je uzeti u obzir subjektivnost prosuditelja. Zbog te subjektivnosti, moguće su razlike u rezultatima ocjena parametara između dva mjerenja koje nisu u potpunosti značajne Po Koereru i sur. (2017) utvrđene su značajne varijabilnosti između ocjena arborikultunih procjenitelja koje su se najviše iskazale u ocjenama potencijala za lom i posljedica takvih grešaka. Važno je da je prosuditelj konzistentan i da je prosudba napravljena u kraćem periodu kako bi što jednoličnije održavali kriterije kojima se daju ocjene pojedininom simptomu ili greški stabla..

U nastavku, interpretirati ćemo rezultate koji su pokazali najznačajnije promjene u odnosu na prosudbu koja je napravljenja prije pet godina.

Kod vitalnosti, stabla nisu pokazala značajne promjene između dva mjerenja, osim u park-šumi Granešina gdje smo utvrdili pozitivne razlike u klasi vitalnosti. Promatrana sastojina je prirodna, smještena daleko od centra grada te se ne koristi toliko često kao druge dvije lokacije koje smo istraživali, na kojima su vidljive manje negativne promjene.

Tlo i korijenski sustav stabla reflektiraju stanišne prilike park-šuma grada Zagreba. Učestalim korištenjem prostora park-šume smanjuje se kvaliteta tla i uvjeti rasta koji izravno imaju utjecaj na simptome. Promjena u greškama korijena koju smo uočili na sve tri promatrane lokacije je povećan postotak ožljeda žilišta i pridanka koji je povezan s smanjenim prostorom za rast, blizinom šetnica i mehaniziranim radova njege koji se redovito obavljaju u parku. U park-šumi Tuškanac izražena je i povećana sumnja na trulež korijena. Razlog tome može biti sama starost sastojine i veća mogućnost za razvoj truleži zbog oslabljene vitalnosti, ali i zbog oštećenja žilišta i korijena.

Greške krošnje u park-šumama grada Zagreba , koje su izabrane za ovo istraživanje ostale su većinom nepromjenjene u odnosu na stanje prosuđeno 2013. godine. Istaknuta greška krošnje, na sve tri lokacije, bila je prisutnost mrtvog drva u krošnji. Na lokacijama Granešina i Zelengaj utvrdili smo promjene u povećanju postotka mrtvog drva za 17% i 24%. Na lokaciji Tuškanac postotak stabla s prisutnošću mrtvog drva u krošni iznosi 96% i on je ostao nepromjenjen u odnosu na prosudbu iz 2013. godine.

Na lokacijama park-šuma grada Zagreba uzorak stabala u periodu od 5 godina, smanjio se za 10%. Treba uzeti u obzir da su stabla iz uzorka odabrana slučajno, te ne predstavljaju trend smanjenja broja stabala u sastojini jednolično kroz cijelu lokaciju. Jim i Hao (2013) su pri

prosudbi urbanih stabla EHT metodom utvrdili da greške stabla i uvjeti staništa utječu na povećanje ocjene opasnosti. U našem istraživanju utvrđeno je smanjenje prosječene ocjene opasnosti HR na svim lokacijama istraživanja, s tim da to smanjenje nije bilo statistički značajno na lokaciji Granešina. Kod naših stabala nije utvrđeno smanjenje prisustva greški krošnje, ali je gotovo 10% stabala iz uzorka uklonjeno ili je stradalo od vjetroizvala čime je mogla biti smanjena opasnost za lom ili izvalu. Prosječna ocjena opasnosti za stabla koja se više ne nalaze u park-šumama (HR=7,6) je viša od prosječne ocjene opasnosti za stabla koja smo prosudili na istraživanim lokacijama (HR=5,7). Na svim lokacijama broj opasnih stabla sa klasom HR 1 je ostalo isti u odnosu na prethodno stanje, osim na Tuškancu gdje je njihov broj u našem uzorku bio manji za 9,7%.

Matić (2010) navodi kako se kod stabala hrasta fiziološka zrelost i odumiranje pojedinih stabala počinje se javljati u dobi od 100 godina, dok su prema Aniću i Oršaniću (2010) sastojine hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba starosti od 130-150 godina. Rezulati naših mjerenja pokazuju kako su pojedina stabla starija, od 197 godna na lokaciji Granešina, 195 godina u park-šumi Tuškanac te 156 u pak-šumi Zelengaj. S obzirom na utvrđenu starost sastojine i urbano okruženje, stabla pokazuju dobru vitalnost te se ne vide simptomi intenzivnog odumiranja.

Osim starosti, utvrđene su i korelacije oborina i temperature s rastom godova. Prema Kalbarczyk (2014) istraživanja rasta urbanih stabala u Poljskoj (Wroclav) ukazala su na snažnu korelaciju između temperature i količine oborina na rast stabala. Istraživanje je odrađeno na stabalima hrasta lužnjaka, a kao rezultat dobivene su informacije o pozitivnom utjecaju oborina u lipnju te negativnom utjecaju oborina u studenom u razdoblju od 1887. do 2014. godine. U našem istraživanju, dobili smo slične rezultate u odnosu na pozitivan utjecaj oborina, gdje su pozitivan utjecaj imale oborine u srpnju dok se negativan utjecaj oborina nije iskazao. Razlike u utjecaju oborina u ova dva rada je zbog razlika u klimi. Klima našeg podneblja je umjereno vlažna i blaga tako da nema negativnog utjecaja oborina na sastojine hrasta kitnjaka na ovom području.

Klimatske promjene izraženije su u gradovima te ona takvim uvjetima imaju bitnu ulogu jer umanjuju klimatske ekstreme u gradovima, osobito u ljetnim mjesecima. Naše istraživanje pokazalo je kako visoke temperature tijekom lipnja utječu negativno na debljinski prirast stabala hrasta na području park-šume grada Zagreba. Iz tog možemo zaključiti kako će daljnjem porastu temperatura veći biti i negativan utjecaj visokih temperatura u ljetnim mjesecima na rast stabala.

6. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje je imalo za cilj utvrditi promjenu arborikulturnog stanja zrelih urbanih stabala hrasta kitnjaka u odabranim park-šumama grada Zagreba nakon pet godina od posljednje prosudbe te utvrditi utjecaj temperatura zraka i oborina na njihov dosadašnji rast i razvoj.

- ✓ Vizualnom prosudbom stabala,upotrebom EHT metode, vezano za vitalnost stabala, utvrđeno je da na svim lokacijama istraživanja postoji mala promjena u odnosu na prethodno zabilježeno stanje. Simptomi koji se odnose na greške korijena su u odnosu na ranije stanje izraženiji na lokaciji Granešina, dok su na ostalim lokacijama zabilježene manje promjene. Od promjena u greškama krošnje najznačajnije se pokazao porast broja stabala s mrtvim drvom u krošnji (u Granešini i Tuškancu).
- ✓ Prosječna ocjena opasnosti stabala, dobivena nakon prosudbe EHT metodom, je u svim istraživanim park-šumama niža u odnosu na prethodnu prosudbu od prije pet godina. Na lokacijama Tuškanac i Zelengaj razlika je statistički značajna, dok na lokaciji Granešina nisu utvrđene razlike nisu statsistički značajne. Broj stabala koja su prosuđena kao opasna se nije smanjio u odnosu na prethodnu prosudbu osim u park-šumi Tuškanac gdje je manji za 9,7 %.
- ✓ Urbana stabla hrasta kitnjaka u park-šumama grada Zagreba vrlo stara: u Tuškanacu najstarije izmjereno stablo je imalo 195 godina, u Granešini 197 godina dok je u Zelengaju utvrđeno da najstarije stablo ima 156 godina.
- ✓ Analizom rasta urbanih stabala hrasta kitnjaka utvrđeno je da njihov rast negativno utjecan s temperaturom zraka i pozitivno utjecan sa količinom oborina: u park-šumi Granešina stabla pokazuju najviše značajno pozitivnu korelaciju s količinom oborina u lipnju (r=0,335) te najviše značajno negativnu korelaciju s temperaturom zraka također u lipnju (r=-0,338). U park-šumama Tuškanac i Zelengaj najviši značajno pozitivan utjecaj su imale oborine u lipnju (r=0,373), dok su temperure zraka pokazale najvišu značajno negativnu korelaciju u svibnju (r=-0,246).

LITERATURA

Anon, 2014: Osnova gospodarenja za G.J. "Park šume Grada Zagreba" 2014 – 2023. Hrvatske šume d.o.o., Zagreb, 106 str.

Baillie, M. G. L., J. R. Pilcher, 1973: A simple cross-dating program for tree-ring research

Bunn, A. G, 2008: A dendrochronology program library in R (dplR), Vol. 26 (1-2): 115-124.

Batrens, J., H. Grissino-Mayer,S. D. Daya, E. Wisemana, 2011: Evaluating the potential for dendrochronological analysis of live oak (*Quercus virginiana* Mill.) from the urban and rural environment. Dendrochronologija, Vol 30: 15-21.

Eckstein, D. E. Frisse, 1982: The influence of temperature and precipitation on vessel area and ring width of oak and beech. In Climate from Tree Rings

Elmendorf, W., T. Watson, S.Lilly, 2005: Arboriculture and urban forestry education in the United States: results of an educators survey. J Arboric 31:138–149.

Fox, C. A. ,1980: The effect of air pollution on western larch as detected by tree-ring analysis. PhD dissertation, Arizona State University. 98 str.

Franjić, J., Ž. Škvorc, 2010: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 292 str.

Fritts, H. C. 1974: Relationships of ring widths in arid site conifers to variations in monthly temperature and precipitation. Ecological Monograph 44, 41 1-440.

Fritts H. C., T. W. Swetnam, 1989: Dendroecology: A Tool for Evaluating Variations in Past and Present Forest Environments. Advances in ecologicval research. Vol. 19: 111-173.

Gregurović, G., 2011: Sljemenska cesta: Urbano-šumske značajke i mogućnosti arborikulturnih zahvata. Magistarski rad, Šumarski fakulter, Zagreb, 231 str.

Haneca, K., 2009: Oak, tree-ring and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. Journal of Archaeological Science 36, 1-11.

Harris, R.W., J.R. Clark, N.P. Matheny,2004: Arboriculture: integrated management of landscape trees, shrubs, and vines, 4th edn. 578 str.

Holmes, R. 1983: Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement.

Idžojtić, M. 2013: Dendrologija – cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 478 str.

Jagels, R., F.W. Telewski, Video image analysis in tree-ring research. In Methods of Tree-Ring Analysis

Kaennel, M., F.H. Schweingruber, 1995: Multilingual Glossary of Dendrochronology

Kalbarczyk, R., M. Ziemiańska, A. Machowska-Molik, 2017: Dendroklimatološka analiza radijalnog rasta stabala starih hrastova (*Quercus robur* L.) na naplavnoj obali rijeke Oder u gradu Wrocławu, u jugozapadnoj Poljskoj. Drvna industrija 69 (2): 149-161.

Koeser A.K., E.Thomas Smiley, 2017: Impact of assesor on tree risk assesment ratings and prescribed migration measures. Urban forestry & Urban greening, 24: 109-115.

Paul Haupt Publishers. Berne. 467pp.Kuo, F.E., 2003: The role of arboriculture in a healthy social ecology. Journal of arboriculture 29 vol 3: 148-155.

Levanič, A., 2009: Atrics – A New System for Image Acquisition in Dendrochronology. Tree-Ring Research 117-122 str.

Loethe C., 1988: Tree life history strategies: the role of defenses. Canadian Journal of Forest Research, Vol. 18 (2): 209-222.

Lebourgeoisa, F., G. Cousseaub, Y. Ducosb, Climate-tree-growth relationships of *Quercus petraea* Mill. stand in the forest of Bercé

Matić, S., 2010: Njega održavanje i obnova park šuma kao temeljni preduvijet njihove vječnosti. U: Park-šume grada Zagreba. Ur: Matić S. I Anić I. Akademija šumarskih znanosti, Zagreb, 83-94.

Mattheck, C., H. Breloer, 1994: The body language of trees: A handbook for failiure analysis, TSO, London; Velika Britanija, 240 str.

Mattheck, C., H. Breloer, 2012: Field guide for visual tree assessment (VTA) 1-23 str.

Matheny, N.P., J.R. Clark, 1994: A photographic guide to the evaluation of hazard trees in urban areas. Savoy, IL: International Society of Arboriculture 25, Vol 1: 18-23

Nilsson, K., T. Randrup, 1997: Urban and periurban forestry. In Forest and tree resources: proceedings of the XI World Forestry Congress Vol 1:97-110.

Nowak, D.J., S. Hirabayashi, A. Bodine, E. Greenfield, 2014: Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. Environ Pollut Vol:193:119-239.

Onishi, A.,X.Cao,T. Ito i sur., 2010: Evaluating the potential for urban heat-island mitigation by greening parking lots. Urban For Urban Green Vol 9:323–332.

Paulić V., D. Drvodelić, S. Mikac, G. Gregurović, M. Oršanić, 2015 : Arborikulturna i dendroekološka analiza stanja stabla divljeg kestena (Aesculus hippocastanum L.) na području grada Velike Gorice. Šum. list. Vol 1-2:21-34.

Paulić, V., 2015: Prosudba opasnih stabala upotrebom vizualnih metoda i arborikulturnih instrumenata. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet, Zagreb, 292 str.

Papić, M., 2014: Primjenjena statistika 106 str.

Plavišić-Gojković N., M. Ton, M. Britvec, 1988: Uzroci i posljedice odumiranja alejnog drveća u Zagrebu. Zbornik radova Sigurnosni i keološki aspekti prometnog sistema Jugoslavije, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 140-142.

Rozas V., 2004: Dendrochronology of pedunculate oak (Quercus robur L.) in an old-growth pollarded woodland in northern Spain: tree-ring growth responses to climate. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo, Catedrático Rodrigo Uría, Vol 62: 209–218.

Schweingruber, F. H. 1988: Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology. D. Reidel Publishing Company 266 str.

Schweingruber, F. H., O.E. Braker, E. Schar,1978: Dendroclimatic studies in Great Britain and in the Alps. Evolution of Planetary Atmospheres and the Climatology of the Earth. 369-72 str.

Schweingruber, F. H.R. Kontic, A. Winkler-Seifert, 1983: Application ofannual ring analysis in investigations of conifer die-back in Switzerland. Swiss Institute of Forestry Research, Report br. 253, 6-29.

Seletković, Z., I. Tikvić, D Ugarković, 2010: Stanišni uvjeti park-šuma grada Zagreba. U: Park-šume grada Zagreba. Ur: Matić S. I Anić I. Akademija šumarskih znanosti; Zagreb, 39-45.

Speer, J. H., 2001: Oak mast history from dendrochronology: A new technique demonstrated in the southern Appalachian region. PhD Dissertation. The University of Tennessee, Knoxville, 241 str.

Speer, J. H. 2010: Fundamentals of Tree Ring Research. The University of Arizona Press. Tucson

Vasilj, Đ., 1972: Primjena nekih neparametrijskih metoda u statističkoj obradi eksperimentalnih podataka. Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva, Vol.36:7-8.

Vogt, J., B.C. Fisher,R.J. Hauer, 2015: Urban forestry and arboriculture as interdisciplinary environmental science: importance and incorporation of other disciplines. J Environ Stud Sci Vol 6:371–386.

Zang C., F. Biondi, 2015: "treeclim: an R package for the numerical calibration of proxy-climate relationships.Ecography, 38(4): 431- 436.

Zywiec M., E. Murter, T. Zielonka, M. Delibes, G. Calvo, Fedriani, 2016: Long-term effect of temperature and precipitation on radial growth in a threatened thermo-Mediterranean tree population. Trees, Vol 31:491–501.

Web izvori:

Hrvatske šume, 2018: http://www.hrsume.hr/index.php/hr/component/content/article/1-latest-news/359-drveceuparkovima (pristupljeno 10.9.2018)

http://www.cybis.se

www.rinntech.de